

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005年9月1日 (01.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/081378 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H02J 7/10
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008046
- (22) 国際出願日: 2004年6月9日 (09.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-049782 2004年2月25日 (25.02.2004) JP
特願2004-152146 2004年5月21日 (21.05.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): テクノ
コアインターナショナル株式会社 (TECHNO CORE

INTERNATIONAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5300042 大阪府大阪市北区天満橋三丁目3番5号 天満インキュベーションラボ401 Osaka (JP).

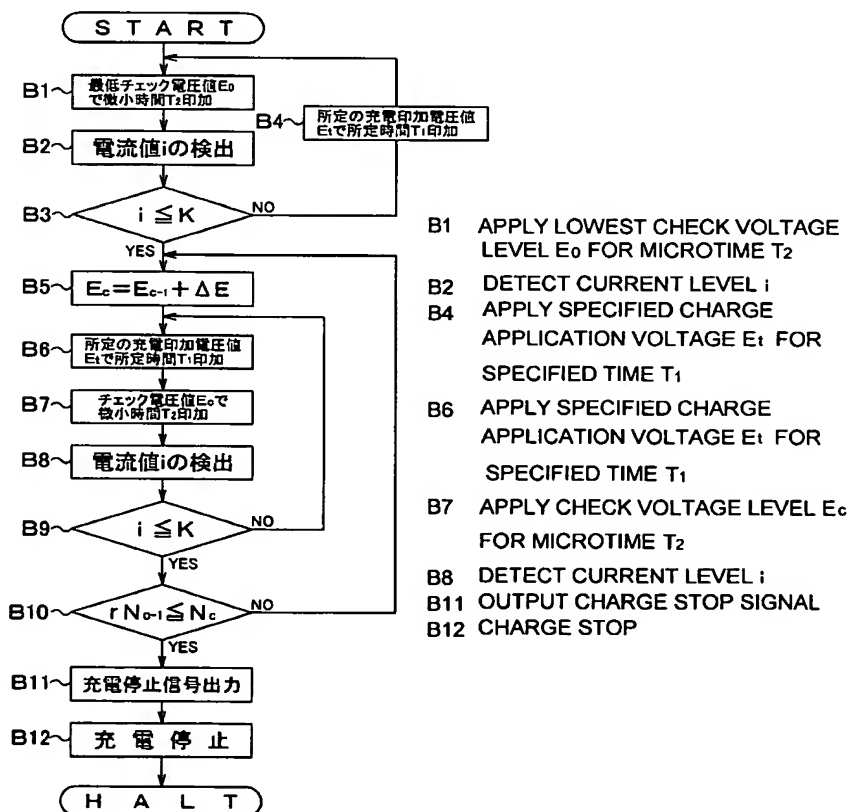
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高岡 浩実 (TAKAOKA, Hiromi) [JP/JP]; 〒5300042 大阪府大阪市北区天満橋三丁目3番5号 天満インキュベーションラボ401 テクノコアインターナショナル株式会社内 Osaka (JP). 麓部 康夫 (OSABE, Yasuo) [JP/JP]; 〒5300042 大阪府大阪市北区天満橋三丁目3番5号 天満インキュベーションラボ401 テクノコアインターナショナル株式会社内 Osaka (JP). 藤原 隆道 (FUJIWARA, Takamichi) [JP/JP]; 〒5300042 大阪府大

[続葉有]

(54) Title: CHARGER FOR SECONDARY BATTERY

(54) 発明の名称: 二次電池の充電装置



(57) Abstract: A charger (1) for a secondary battery capable of charging any secondary battery with a charging rate of substantially 100% regardless of the type or version thereof comprises a voltage value increment device for incrementing a check voltage level at a specified pitch from a lowest voltage level lower than a rated full charge balance voltage level, a selector switch (58) for switching the charging voltage to a specified charging application voltage level or the check voltage level, a first judging means for making a decision whether a current level detected by a current detecting section (46) is lower than a criterion level or not, and a second judging means for making a decision whether the time required by the first judging means for making current affirmative decision after previous affirmative decision exceeds twice of the time required for making the previous affirmative decision after the preceding affirmative decision.

(57) 要約: 二次電池の種類や型番等に関わらず、どのような

二次電池であっても、充電率が略100%になるように充電することができる二次電池の充電装置

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2005/081378 A1



阪市北区天満橋三丁目3番5号 天満インキュベーションラボ401 テクノコアインターナショナル株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 矢野 寿一郎 (YANO, Juichiro); 〒5406134 大阪府大阪市中央区城見二丁目1番61号 ツイン21 MIDタワー34階 矢野内外国特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

を提供することを課題として、定格満充電平衡電圧値よりも低い最低チェック電圧値から所定の刻み幅の電圧値でチェック電圧値をインクリメントしていく電圧値インクリメント装置と、充電電圧を所定の充電印加電圧値又はチェック電圧値に切り換える切換スイッチ58と、電流検出部46によって検出された電流値が判定基準値以下になったか否かを判定する第1の判定手段と、第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が、前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の2倍を越えたか否かを判定する第2の判定手段と、を備えた二次電池の充電装置1とする。

明 細 書

二次電池の充電装置

技術分野

- [0001] 本発明は、ニッケル-カドミウム電池、ニッケル-水素金属電池、鉛蓄電池等の二次電池を充電するための充電装置に関する。

背景技術

- [0002] 二次電池の充電においては、充電の過程で、二次電池の持つ蓄電容量に対してどの程度まで充電されているかを知ることが重要である。

ところが、従来は、これを知る術はなく、従来の二次電池の充電装置は、二次電池内で起こる異常現象(温度上昇、 $-\Delta V$ 特性など)を検出することで、二次電池の充電を停止していた(例えば、特許文献1参照)。

- [0003] しかしながら、このような充電方法では、過度に二次電池が充電されて、充電／放電の繰り返しに必要な二次電池の内部構造に欠陥が生じ、その結果、二次電池のサイクル寿命が縮まるという問題点があった。

- [0004] そこで、このような問題点を鑑み、本願と同出願人によって、二次電池が満充電状態(充電率が100%の状態)に達したかを定期的にチェックしながら、二次電池の内部構造に損傷を与えることなく適正且つ急速に充電を行うことができる二次電池の充電装置が発明されている(特許文献2参照)。

- [0005] この二次電池の充電装置は、二次電池に大電流を流す主充電と、二次電池の満充電状態のチェックと、を交互に繰り返しながら、二次電池を充電している。

主充電では、二次電池に満充電平衡電圧値(満充電状態(充電率が100%))の二次電池のプラス極と可変電源のプラス極とを接続し、該二次電池のマイナス極と該可変電源のマイナス極とを接続して、該二次電池と該可変電源との間に電流検出計を介設した回路を組み、該電流検出計による検出電流が ± 0 (mA)となるように可変電源を調整したときに、該可変電源から供給される電圧値と平衡する二次電池の起電力)よりも高い所定の充電印加電圧値(充電率が略0%の二次電池に電圧を印加して、印加電圧を上昇させていったときに、該印加電圧に対する充電電流の増加率が

減少していき、充電電流が上昇しなくなったときの、不可逆化学反応領域外の電流ピーク値に対応する所定の充電印加電圧値)を所定時間印加して、二次電池を充電する。

- [0006] また、二次電池の満充電状態のチェックでは、二次電池に満充電平衡電圧値を微小時間印加している間に、二次電池に流れている電流値を検出し、該電流値と充電完了判定基準値とを比較して、二次電池が満充電状態に達したか否かをチェックする。

そして、この検出された電流値が充電完了判定基準値より大きいときは、二次電池がまだ満充電状態に達していないと判定して、再び主充電を行い、一方、検出された電流値が充電完了判定基準値以下のときには、二次電池が満充電状態に達したと判定して、ここで二次電池の充電を停止している。

特許文献1: 日本特開平8-9563号公報

特許文献2: 日本特許第3430439号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0007] 以上のように、特許文献2に開示されている充電装置は、定期的に二次電池に満充電平衡電圧値を印加して、二次電池の充電率が100%に達しているか否かをチェックしながら、二次電池を充電しているが、ところが、次のような理由から、同じ種類(例えば、ニッケル-カドミウム電池、ニッケル-水素金属電池など)で同じ型番(例えば、単3型や単4型など)の二次電池であっても、充電率が100%に達していないものがあることがその後にわかった。

- [0008] この理由は、同じ種類で同じ型番の二次電池であっても、メーカーの違い、機種の違い、使用履歴の違いなどによって、その蓄電容量や満充電平衡電圧値が微妙に異なり、また、外国製の二次電池の中には、種類、型番、メーカー、機種などが全て同じであっても、その蓄電容量や満充電平衡電圧値が異なるものもある。このために、特許文献2に開示されている充電装置で、同じ種類、同じ型番の二次電池を充電した場合に、その二次電池が持つ実際の満充電平衡電圧値と、充電装置に設定されている満充電平衡電圧値とが微妙に違って、ある二次電池は充電率が90%程度までし

か充電されておらず、ある二次電池では充電率が100%以上に過充電されていることもあった。

- [0009] そこで、本発明では、このような点を鑑み、二次電池の種類や型番等に関わらず、どのような二次電池であっても、充電率が略100%になるように充電することができる二次電池の充電装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 以上、発明が解決しようとする課題であり、次に、この課題を解決するための手段を説明する。

まず、本発明の第1態様の二次電池の充電装置は、充電対象となるどの種類の二次電池の定格満充電平衡電圧値よりも低い最低チェック電圧値から所定の刻み幅の電圧値でチェック電圧値をインクリメントしていく電圧値インクリメント手段と、二次電池に充電対象となるどの種類の二次電池の定格満充電平衡電圧値よりも高いが不可逆化学反応領域には達しない所定の充電印加電圧値を供給する充電電圧供給手段と、二次電池に印加する電圧値を前記充電電圧供給手段から供給される所定の充電印加電圧値、又は前記電圧値インクリメント手段から供給されるチェック電圧値に切り換える切換手段と、二次電池にチェック電圧値を印加している間に、二次電池に通電されている電流値を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段によって検出された電流値が、予め入力設定された判定基準値以下になったか否かを判定する第1の判定手段と、前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が、前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r (r は1以上の実数) 倍を越えたか否かを判定する第2の判定手段と、を備え、以下の第1ステップから第7ステップに従って二次電池の充電を制御する。

(第1ステップ) 前記最低チェック電圧値で二次電池を微小時間印加して、該微小時間の間に、前記電流検出手段によって二次電池に通電されている電流値を検出する。

(第2ステップ) 前記第1の判定手段でこの検出した電流値の判定を行い、該電流値が前記判定基準値を越えていれば、次の第3ステップへ移行し、一方、該電流値が前記判定基準値以下となっていれば、第4ステップへジャンプする。

(第3ステップ) 前記切換手段により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値に切り換えて、該所定の充電印加電圧値で二次電池を所定時間印加した後、前記切換手段により充電電圧を前記最低チェック電圧値に切り換え、前記第1ステップに戻る。

(第4ステップ) 前記電圧値インクリメント手段により、それまでのチェック電圧値に前記所定の刻み幅の電圧値をインクリメントした新たなチェック電圧値を設定する。

(第5ステップ) 前記切換手段により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値に切り換えて、該所定の充電印加電圧値で二次電池を所定時間印加した後、前記切換手段により充電電圧を前記新たなチェック電圧値に切り換え、該新たなチェック電圧値で二次電池を微小時間印加している間に、前記電流検出手段によって二次電池に通電されている電流値を検出する。

(第6ステップ) 前記第1の判定手段によってこの検出した電流値の判定を行い、該電流値が前記判定基準値を越えていれば、前記第5ステップに戻り、一方、該電流値が前記判定基準値以下となっていれば、次の第7ステップへ移行する。

(第7ステップ) 前記第2の判定手段によって前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間の判定を行い、前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r 倍以下であれば、前記第4ステップに戻り、一方、前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r 倍を越えていれば、充電停止信号を出力する。

[0011] また、本発明の第2態様の二次電池の充電装置は、前記第7ステップで、前記充電停止信号が出力されると、前記切換手段により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値に切り換えて、該所定の充電印加電圧値で二次電池を第2の所定時間印加した後、二次電池の充電を完了する。

[0012] そして、本発明の第3態様の二次電池の充電装置は、前記所要時間は、前記切換手段による前記チェック電圧値への切換回数をカウントすることで計測される。

[0013] また、本発明の第4態様の二次電池の充電装置では、前記電圧値インクリメント手段は、1周期を n (n は2以上の整数) 等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1, 2$

、 \dots 、 n)として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、反転したパルス波の振幅の最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値から減算した電圧値を出力する演算回路と、を備え、前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をインクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていく。

[0014] そして、本発明の第5態様の二次電池の充電装置では、前記電圧値インクリメント手段は、1周期を n (n は2以上の整数)等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1$ 、 2 、 \dots 、 n)として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値に加算した電圧値を出力する演算回路と、を備え、前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をインクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていく。

[0015] さらに、本発明の第6態様の二次電池の充電装置では、前記電圧値インクリメント手段は、1周期を n (n は2以上の整数)等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1$ 、 2 、 \dots 、 n)として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、反転したパルス波の振幅の最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値に加算した電圧値を出力する演算回路と、を備え、前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をデクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていく。

[0016] そうして、本発明の第7態様の二次電池の充電装置では、前記電圧値インクリメント

手段は、1周期を n (n は2以上の整数)等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1$ 、 2 、 \dots 、 n)として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値から減算した電圧値を出力する演算回路と、を備え、前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をディクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていく。

発明の効果

[0017] 以上、本発明の解決手段であり、次に本発明による効果を説明する。

まず、本発明の第1態様の二次電池の充電装置によれば、二次電池の種類や型番等に関わらず、どのような二次電池であっても、その二次電池の満充電平衡電圧値を探り当てながら、充電率が略100%になるように充電することができ、信頼性が向上する。さらに、この充電装置は、内部構造が一部破壊されて劣化している二次電池に対しても有効で、その二次電池の現時点の満充電平衡電圧値を探り当てて、現時点の蓄電容量に対して充電率が略100%になるように充電することができる。

[0018] そして、本発明の第2態様の二次電池の充電装置によれば、本発明の第1態様の二次電池の充電装置と同様の効果を奏するとともに、さらに充電率が100%に近づくように充電することができ、信頼性が向上する。

[0019] また、本発明の第3態様の二次電池の充電装置によっても、本発明の第1態様の二次電池の充電装置又は本発明の第2態様の二次電池の充電装置と同様の効果を奏する。

[0020] そして、本発明の第4態様の二次電池の充電装置によれば、電圧値インクリメント手段を、マイクロコンピュータの所定の1つの出力端子だけを用いて電圧値のインクリメントを行う構成としたため、マイクロコンピュータに掛かる負荷を軽減することができ、小容量のマイクロコンピュータで、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現することができる。

- [0021] また、本発明の第5態様の二次電池の充電装置によれば、電圧値インクリメント手段を、マイクロコンピュータの所定の1つの出力端子だけを用いて電圧値のインクリメントを行う構成としたため、マイクロコンピュータに掛かる負荷を軽減することができ、小容量のマイクロコンピュータで、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現することができる。
- [0022] さらに、本発明の第6態様の二次電池の充電装置によれば、電圧値インクリメント手段を、マイクロコンピュータの所定の1つの出力端子だけを用いて電圧値のインクリメントを行う構成としたため、マイクロコンピュータに掛かる負荷を軽減することができ、小容量のマイクロコンピュータで、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現することができる。
- [0023] そうして、本発明の第7態様の二次電池の充電装置によれば、電圧値インクリメント手段を、マイクロコンピュータの所定の1つの出力端子だけを用いて電圧値のインクリメントを行う構成としたため、マイクロコンピュータに掛かる負荷を軽減することができ、小容量のマイクロコンピュータで、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]二次電池の充電装置1の制御構成を示すブロック図。
[図2]二次電池10の充電率ごとの電流－電圧特性を示すグラフ。
[図3]従来の二次電池の充電装置1による充電制御を示すフローチャート。
[図4]本発明の二次電池の充電装置1の充電制御回路5の構成を示すブロック図。
[図5]電圧値インクリメント装置の構成を示すブロック図。
[図6]第1実施例に係る電圧値インクリメント回路50Aでの出力を示す表。
[図7]第1実施例に係る電圧値インクリメント回路50Aの上下限電圧値供給回路51Aの構成を示す回路図。
[図8]第1実施例に係る電圧値インクリメント回路50Aの上下限電圧値設定回路52Aと演算回路53Aの構成を示す回路図。
[図9]第2実施例に係る電圧値インクリメント回路50Bでの出力を示す表。
[図10]第3実施例に係る電圧値インクリメント回路50Cでの出力を示す表。

[図11]第4実施例に係る電圧値インクリメント回路50Dでの出力を示す表。

[図12]図2における矢視Pの部分拡大した図。

[図13]本発明の二次電池の充電装置1による充電制御を示すフローチャート。

[図14]一定値に近づく漸近特性をもつ関数を示す図。

[図15]図14中の(a)に示す関数の漸近特性を示す図。

[図16]図14中の(a)に示す関数の漸近特性を示す図。

[図17]チェック電圧値をインクリメントしていったときの充電終了状態の判定を示す表

。

[図18]図14中の(c)に示す関数の漸近特性を示す図。

[図19]チェック電圧値をインクリメントしていったときの充電終了状態の判定を示す表

。

符号の説明

- [0025]
- 1 充電装置
 - 2 電源部
 - 4 ワンチップマイコン
 - 5 充電制御回路
 - 10 二次電池
 - 40 MPU
 - 41 ROM
 - 42 RAM
 - 43 PWM
 - 46 電流検出部
 - 48 PWM出力端子
 - 50 電圧値インクリメント回路
 - 51A 上下限電圧値供給回路
 - 52A 上下限電圧値設定回路
 - 53A 演算回路
 - 51B 上下限電圧値供給回路

52B 上下限電圧値設定回路

53B 演算回路

51C 上下限電圧値供給回路

52C 上下限電圧値設定回路

53C 演算回路

51D 上下限電圧値供給回路

52D 上下限電圧値設定回路

53D 演算回路

56 充電電圧供給回路

57 チェック電圧供給回路

58 切換スイッチ

発明を実施するための最良の形態

[0026] 以下に説明する二次電池の充電装置1は、充電時には、二次電池の内部構造を損傷させないように、不可逆化学反応領域D外で、最も高い印加電圧(所定の充電印加電圧値) E_s を印加して二次電池10に大電流を流し、定期的に、印加電圧を満充電平衡電圧値 E_{eq} に切り換えて、二次電池10が満充電状態に達したかをチェックしながら充電を行うところに特徴がある。この満充電平衡電圧値 E_{eq} での満充電状態のチェックでは、瞬時に精確に満充電状態を判定することができ、この充電装置1によれば、充電完了までの時間を30分程度まで短縮することができ、また、過度な化学反応(酸化還元反応)を引き起こすことなく、満充電状態まで適正に充電ができ、その結果、二次電池の内部構造を痛めずサイクル寿命を5000回以上に向上させることができる。

[0027] 次に、図面を参照しながら、本発明の実施の一形態を説明する。

図1に示すように、二次電池の充電装置1は、商用交流電力を直流に変換する変圧、整流回路を含む電源部2と、ユーザがスタート操作等を行う操作手段としての操作スイッチ6と、二次電池10の充電を制御する制御手段であるワンチップマイクロコンピュータ(以下、ワンチップマイコンという)4と、二次電池10を満充電平衡電圧値 E_{eq} 又は該満充電平衡電圧値 E_{eq} よりも高い所定の充電印加電圧値 E_s で充電する充電

手段である充電制御回路5と、充電中又は充電完了等を表示する報知手段であるLED(Light Emitting Diode)ランプ7と、多数の入出力端子(図示略)などを備え、該ワンチップマイコン4は該入出力端子を介して電源部2、操作スイッチ6、充電制御回路5、LEDランプ7に接続されている。

[0028] なお、本実施の形態では、報知手段の一例としてLEDランプ7により視覚を通じてユーザに充電完了等を報知するように構成しているが、音声等により報知するように構成してもよく、報知手段の構成は特に限定はしないものとする。

[0029] 前記ワンチップマイコン4は、中央演算装置であるマイクロプロセッシングユニット(以下、MPU)40と、記憶手段であるリードオンリーメモリ(以下、ROM)41、ランダムアクセスメモリ(以下、RAM)42と、パルス幅変調制御を行うPWM43と、時間計測手段であるタイマ44と、勘定手段であるカウンタ45と、電流検出手段である電流検出部46等を備えている。

[0030] RAM42には二次電池10の満充電平衡電圧値 E_{eq} (図2参照)と、該二次電池10の満充電平衡電圧値 E_{eq} を超える所定の充電印加電圧値 E_s (図2参照。充電率が略0%の二次電池10に印加した電圧を上昇させる中で印加電圧の上昇に対する充電電流の増加の割合($\Delta I / \Delta E$)が減少して該充電電流が上昇しなくなったときの不可逆化学反応領域D外での電流ピーク値 I_{so} に対応する電圧値)とが記憶されており、ROM41には二次電池10が満充電状態に達したか否かを判定する判定プログラム等が組み込まれている。

[0031] 充電制御回路5は、電源部2からの電圧を所定の充電印加電圧値 E_s に下げて二次電池10に供給する充電電圧供給回路と、電源部2からの電圧を満充電平衡電圧値 E_{eq} に下げて二次電池10に供給するチェック電圧供給回路と、二次電池10に印加する電圧値を該充電電圧供給回路から供給される所定の充電印加電圧値 E_s 又は該チェック電圧供給回路から供給される満充電平衡電圧値 E_{eq} に切り換える切換スイッチと、を備え、そして、ワンチップマイコン4の所定の1つの出力端子が電圧切換信号を出力する端子(電圧切換信号出力端子)に設定されて、前記の切換手段である切換スイッチで該電圧切換信号出力端子からの電圧切換信号を受信すると、二次電池10に印加する電圧値が所定の充電印加電圧値 E_s 又は満充電平衡電圧値 E_{eq} に切り

換えられるように構成されている。

[0032] 前記チェック電圧供給回路にはチェック電流検出抵抗が介設されており、該チェック電流検出抵抗の入力側の分岐部と出力側の分岐部とがそれぞれワンチップマイコン4の所定の2つの入力端子(電流入力端子)と接続されて、前記ワンチップマイコン4の電流検出部46でこの2つの電流入力端子から入力される電流値の差を検出することで、二次電池10に通電されている充電電流の電流値(チェック電流値)を検出している。すなわち、前記切換スイッチを前記チェック電圧供給回路側へ切り換えて、二次電池10を満充電平衡電圧値 E_{eq} で印加しているときに、電流検出部46で検出される2つの電流入力端子からの電流値の差により、二次電池10に通電されている電流値(チェック電流値)が検出されている。

[0033] 次に、本発明の充電方法を説明する上で基本となる二次電池10の充電電圧と充電電流との特性について、図2のグラフに基づいて説明する。

図2におけるグラフの横軸には電池端子電圧(印加電圧) $E(V)$ を、また縦軸には充電電流 $I(mA)$ をとっており、充電率が異なる二次電池10の電圧－電流特性をそれぞれ示している。

[0034] 図2の破線で示すグラフ α は、充電率が略0%の二次電池10の充電時の電圧－電流特性を示しており、この場合は標準電圧 E^0 (公称電圧)より低い電圧 E_α を印加しても充電電流が流れ出す。この充電電流が流れ出す時の印加電圧(電池端子電圧)が開放電圧であり、この開放電圧は充電率が高いほど高くなる。

[0035] 図2の一点鎖線で示すグラフ β は、充電率が約50%の二次電池10の充電時における電圧－電流特性を示しており、印加電圧を(0(V)から)上昇させていったときに二次電池10に充電電流が流れ始める開放電圧 E_β は、充電率が略0%の二次電池10の開放電圧 E_α よりも高くなる。

[0036] 図2の二点鎖線で示すグラフ γ は、充電率が約90%の二次電池10の充電時における電圧－電流特性を示しており、開放電圧は E_γ ($E_\gamma > E_\beta$)である。また、図2の実線で示すグラフ δ は、充電率が略100%(100%未満)の二次電池10の充電時における電圧－電流特性を示しており、開放電圧は E_δ ($E_\delta > E_\gamma$)である。そして、充電率が100%の(満充電状態の)二次電池10の開放電圧の値が、満充電平衡電圧値 E_{eq}

($E_{eq} > E_{\delta}$)である。

- [0037] 二次電池10は充電率に応じた開放電圧 E_{α} 、 E_{β} 、 E_{γ} 、 E_{δ} 等を越えると、略印加電圧に比例して充電電流が増大していき、所定の電圧(電圧－電流曲線における変曲点)を過ぎると、印加電圧に対する充電電流の増加率($\Delta I / \Delta E$)は減少し、やがて、印加電圧を上昇させても充電電流は全く上昇しなくなり、充電電流は電流ピーク値 I_{so} に到達する。
- [0038] このように、印加電圧に対する充電電流の増加率($\Delta I / \Delta E$)が0となったときの電流ピーク値 I_{so} に対応する印加電圧値は E_s となり、この所定の充電印加電圧値 E_s は二次電池10の種類や二次電池10の劣化状態などによって決まる二次電池10に固有の電圧値となる。
- [0039] 前記所定の充電印加電圧値 E_s を超える電圧が印加されると、二次電池10は、内部で活物質の酸化還元反応がさらに進んで、電気分解反応を惹き起こし、負性抵抗特性が現れて、意図しない発熱反応や、膨潤等の異常により、ともすれば二次電池10の内部構造の破壊に繋がる恐れがある。また、そこまでには至らないにしても、不可逆化学反応が伸展し二次電池10のサイクル寿命に大きな影響を与えてしまう。このような、二次電池10に悪影響を及ぼす不可逆化学反応が生じるような、充電電流と印加電圧との関係で画定される領域が、図2にて斜線で示す不可逆化学反応領域Dである。
- [0040] 従って、二次電池10の充電においては、二次電池10が満充電(充電率100%)に至るまで、印加電圧に対する充電電流の相対値が反応分水嶺 L_d を越えて不可逆化学反応領域Dに入らないように印加電圧を制御することが必要となる。
- [0041] ところで、二次電池10の蓄電容量は、充電電流と充電時間との積で求められる。このため、充電時間を短くしようとすれば、充電電流を増やすことが必要である。
- 図2に示すように、充電率が略0%の二次電池10に満充電平衡電圧値 E_{eq} を印加すると、充電率が上昇するに連れて、二次電池10に流れる充電電流は I_{eqo} ($< I_{so}$)から減少していく。そして、二次電池10が満充電状態(充電率100%)に達したときには、充電電流は0(mA)となるため、満充電状態の判定が行いやすい。しかしながら、この満充電平衡電位 E_{eq} による充電では、前記所定の充電印加電圧値 E_s による充

電に比べて、充電電流が低く、充電時間がかかなり長くなってしまふ。

- [0042] そこで、主充電では、二次電池10に、不可逆化学反応領域D外で最も高い充電電流(電流ピーク値 I_{so})を流すことが可能な所定の充電印加電圧値 E_s を印加して、該二次電池10に大電流を流し、そして、定期的に、二次電池10に印加する電圧値を満充電平衡電圧値 E_{eq} に切り換えて、二次電池10が満充電状態に達したか否かのチェックを行うこととする。

なお、大電流充電のための印加電圧の値は、電流ピーク値 I_{so} に対応する前記所定の充電印加電圧値 E_s に限らず、それよりやや低い電流値に対応する電圧値($<E_s$)でもよい。

- [0043] 次に、本発明の二次電池の充電装置1に改良される前の、従来の二次電池の充電装置1について説明する。

この従来の二次電池の充電装置1は、後に示す本発明の二次電池の充電装置1の基本構成となる。

- [0044] この従来の二次電池の充電装置1は、図1に示すように構成されており、ワンチップマイコン4のROM41には、二次電池10を満充電平衡電圧値 E_{eq} で印加中に電流検出部46で検出されたチェック電流値 i と、予め入力設定された充電完了判定基準値 J (例えば、10(mA))とを比較判定する判定手段である判定プログラムが組み込まれている。

- [0045] 次に、図3を参照しながら従来の二次電池の充電装置1による充電の流れを説明する。

まず、ユーザが操作スイッチ6を切り換えて、これから充電する二次電池10の種類をワンチップマイコン4に入力すると、該ワンチップマイコン4中のRAM42に予め記憶設定されたテーブルの中から、この二次電池10の種類に相当する所定の充電印加電圧値 E_s と、満充電平衡電圧値 E_{eq} とがそれぞれ選択される。

- [0046] この所定の充電印加電圧値 E_s と満充電平衡電圧値 E_{eq} とは、ニッケル-カドミウム電池、ニッケル-水素電池等の二次電池の種類や蓄電容量、型番等によって決まる固有の値であり、例えば、ニッケル-カドミウム電池の場合、満充電平衡電圧値 E_{eq} は約1.41(V)、所定の充電印加電圧値 E_s はそれよりも高い約1.80(V)として選択され

る。

- [0047] 次に、ユーザは操作スイッチ6を押すと、充電が開始されて(ステップA1)、二次電池10は所定の充電印加電圧値 E_s で所定時間 T_1 (例えば、55(秒))継続して印加される(ステップA2)。そして、タイマ44でこの所定時間 T_1 の経過が計測されると、印加電圧が満充電平衡電圧値 E_{eq} に切り換えられ(ステップA3)、この満充電平衡電圧値 E_{eq} で二次電池10を微小時間 T_2 (例えば、5(秒))印加している間に、ワンチップマイコン4のROM41内の電流検出部46によって二次電池10に流れている電流値 i が検出される(ステップA4)。
- [0048] そして、ROM41内の判定プログラムによって、この検出された電流値 i と、判定基準値 J とを比較して(ステップA5)、該電流値 i が該判定基準値 J よりも大きければ、前記ステップA2に戻って、上述のフロー(充電制御)を繰り返し、一方、該電流値 i が該判定基準値 J 以下であれば、二次電池10が満充電状態に達しているとして、ここで充電を停止する(ステップA6)。
- [0049] 以上のように、従来の二次電池の充電装置1によれば、二次電池10の内部で過度な化学反応(酸化還元反応)を引き起こすことなく、二次電池10を満充電状態まで適正に充電することができる。また、この充電装置1によれば、二次電池10の内部構造に損傷を与えるのを防止することができるため、サイクル寿命を飛躍的に向上させることができる。さらに、この充電装置1は、主なる充電で、二次電池10に満充電平衡電圧値 E_{eq} 以上の所定の充電印加電圧値 E_s を印加して、該二次電池10にかなり大きな充電電流を流しており、これにより充電時間を大幅に短縮することができる。
- [0050] 以上のように、従来の二次電池の充電装置1は、定期的に二次電池10に満充電平衡電圧値 E_{eq} を印加して、その充電率が100%に達しているか否かをチェックしながら、二次電池10を充電しているが、ところが、次のような理由から、同じ種類(例えば、ニッケル-カドミウム電池、ニッケル-水素金属電池など)で同じ型番(例えば、単3型や単4型など)の二次電池10であっても、充電率が100%に達していないものがあることがその後に分かった。
- [0051] この理由は、同じ種類で同じ型番の二次電池10であっても、メーカーの違い、機種の違い、使用履歴の違いなどによって、その蓄電容量や満充電平衡電圧値が微妙に

異なり、また、外国製の二次電池10の中には、種類、型番、メーカ、機種などが全て同じであっても、その蓄電容量や満充電平衡電圧値 E_{eq} が異なるものもある。このために、従来の二次電池の充電装置1によって、同じ種類、同じ型番の二次電池10を充電した場合に、その二次電池10が持つ実際の満充電平衡電圧値と、充電装置1に設定されている満充電平衡電圧値 E_{eq} とが微妙に違って、ある二次電池10は充電率が90%程度までしか充電されておらず、ある二次電池10は充電率が100%以上に過充電されていることもあった。

[0052] そこで、本発明の二次電池の充電装置1は、このような点を鑑み、次のように改良が図られている。

[0053] この本発明の二次電池の充電装置1も、図1に示すように構成されており、ワンチップマイコン4と、充電制御回路5以外の構成は、前記従来の二次電池の充電装置1と略同様である。

[0054] 本発明の二次電池の充電装置1では、ワンチップマイコン4のRAM42に、充電対象となるどの二次電池10の定格満充電平衡電圧値よりも低い最低チェック電圧値 E_0 と、充電対象となるどの二次電池10の定格満充電平衡電圧値よりも高い最高チェック電圧値 E_n と、該満充電平衡電圧値を超えるが充電対象となるどの二次電池10も不可逆化学反応領域Dには達しない所定の充電印加電圧値 E_t ($\leq E_n$)と、所定の刻み幅の電圧値 ΔE と、が記憶されている。

[0055] また、ワンチップマイコン4のROM41には、前記PWM43でのパルス幅変調制御に付設されるサブルーチンプログラムが組み込まれている。PWM43では、1周期を $n(=(E_n - E_0) / \Delta E)$ 等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1, 2, \dots, n$)として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波に変調を行い、サブルーチンプログラムでは、後述の条件が満たされた場合に、変数 c を1から n まで1ずつインクリメント(又はデクリメント)していくことで、パルス波のパルス幅 $c \cdot w$ を段階的に拡幅(又は減少)させている。なお、ここで、 n は2以上の整数となるように、最高チェック電圧値 E_n 、最低チェック電圧値 E_0 、所定の刻み幅の電圧値 ΔE が選択されている。

[0056] 図4に示すように、ワンチップマイコン4は多数の入出力端子を有し、この中の所定の1つの端子がPWM出力端子48として設定されて、該PWM出力端子48から前記

PWM43でパルス幅 $c \cdot w$ に変調されたパルス波が出力されるように構成されている。

[0057] 前記充電制御回路5は、前記電源部2からの電圧を所定の充電印加電圧値 E_t に下げて二次電池10に供給する充電電圧供給回路56と、チェック電圧値 E_c を最低チェック電圧値 E_o から所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントしていく電圧値インクリメント回路50と、該電圧値インクリメント回路50から出力されるチェック電圧値 E_c をその値で二次電池10に供給するチェック電圧供給回路57と、二次電池10に印加する電圧値を該充電電圧供給回路56から供給される所定の充電印加電圧値 E_t 又は該チェック電圧供給回路57から供給されるチェック電圧値 E_c に切り換える切換スイッチ58と、を備え、そして、ワンチップマイコン4の所定の1つの出力端子が電圧切換信号を出力する端子(電圧切換信号出力端子)に設定されて、前記の切換手段である切換スイッチ58で該電圧切換信号出力端子からの電圧切換信号を受信すると、二次電池10に印加する電圧値が所定の充電印加電圧値 E_t 又はチェック電圧値 E_c に切り換えられるように構成されている。

[0058] また、前記チェック電圧供給回路57にはチェック電流検出抵抗が介設されており、該チェック電流検出抵抗の入力側の分岐部と出力側の分岐部とがそれぞれワンチップマイコン4の所定の2つの入力端子(電流入力端子)と接続されて、前記ワンチップマイコン4の電流検出部46でこの2つの電流入力端子から入力される電流値の差を検出することで、二次電池10に通電されている充電電流の電流値(チェック電流値)を検出している。すなわち、前記切換スイッチ58を前記チェック電圧供給回路57側へ切り換えて、二次電池10をチェック電圧値 E_c で印加しているときに、電流検出部46で検出される2つの電流入力端子からの電流値の差により、二次電池10に通電されている電流値(チェック電流値)が検出されている。

[0059] 次に、チェック電圧値 E_c を所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントしていく電圧値インクリメント手段である本発明の電圧値インクリメント装置について説明する。

本発明の電圧値インクリメント装置は、前記のパルス波のパルス幅 $c \cdot w$ を段階的に変化させてPWM出力端子48から出力するワンチップマイコン4と、電圧値インクリメント回路50とで、構成されており、小容量のワンチップマイコン4を用いて、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現している。

- [0060] まず、この電圧値インクリメント装置が発明された背景を説明すると、従来にも、ワンチップマイコンを用いて電圧値をインクリメントする電圧値インクリメント装置があるにはあったが、従来の電圧値インクリメント装置は、次のように、端子数の多い大容量のワンチップマイコンで構成されていた。
- [0061] 従来の電圧値インクリメント装置は、電圧値のインクリメント制御をワンチップマイコンの複数本の出力端子に設定しており、例えば、下限電圧値から上限電圧値まで所定の刻み幅の電圧値で30段階にインクリメントを行うように構成されている場合、 $2^5 = 32 (\geq 30)$ であるから、ワンチップマイコンの5本の出力端子に電圧値のインクリメント制御が設定されて、該5本の出力端子から30通りの組み合わせのON/OFF信号が出力されて、このON/OFF信号に基づき30段階に電圧値をインクリメントしていた。
- [0062] しかしながら、このように電圧値のインクリメント制御を5、6本の出力端子に設定すると、ワンチップマイコンに掛かる負荷が大きくなり、小容量のワンチップマイコンでは、他の充電制御に係る処理速度にも影響を与え、このため、従来の二次電池の電圧値インクリメント装置は大容量のワンチップマイコンで構成されていた。しかし、大容量のワンチップマイコンは価格が高く、コストの面でも不利である。
- [0063] そこで、このような点を鑑み、小容量のワンチップマイコン4を用いて、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現する、本発明の電圧値インクリメント装置が発明されたのである。
- [0064] 前記のように、本発明の電圧値インクリメント装置は、前記のパルス波のパルス幅 $c \cdot w$ を段階的に変化させてPWM出力端子48から出力するワンチップマイコン4と、電圧値インクリメント回路50とで、構成されており、該電圧値インクリメント回路50は、例えば、次のように構成されている。
- [0065] まず、電圧値インクリメント回路50Aの第1実施例から説明する。
- 図5に示すように、第1実施例に係る電圧値インクリメント回路50Aは、上限電圧値 E_H と下限電圧値 E_L とを供給する上下限電圧値供給回路51Aと、ワンチップマイコン4のPWM出力端子48から出力されたパルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値 E_H に設定するとともに、反転

したパルス波の振幅の最小値を下限電圧値 E_L に設定する上下限電圧値設定回路52Aと、該上下限電圧値設定回路52Aから出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値から減算した電圧値を出力する演算回路53Aと、を備え、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をインクリメントしていくことで、前記演算回路53Aから出力されるチェック電圧値 E_c を所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントしている。

[0066] ここでは、前記下限電圧値 E_L は前記最高チェック電圧値 E_n に設定され($E_L = E_n$)、前記上限電圧値 E_H は最高チェック電圧値 E_n と最低チェック電圧値 E_o との電圧差 E_d を $E_d = E_n - E_o$ とすると、 $E_H = E_n + E_d$ と設定され、また、前記基準電圧値 E_B は前記下限チェック電圧値 E_L に設定されている($E_B = E_L = E_n$)。

[0067] また、前記 n は $n = (E_n - E_o) / \Delta E$ であり、以上の設定により、図6に示すように、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c を1から n まで1ずつインクリメントしていくことで、前記演算回路53Aから出力されるチェック電圧値 E_c が最低チェック電圧値 E_o から最高チェック電圧値 E_n まで所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントされるように構成されている。

[0068] なお、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をデクリメントしていくと、前記演算回路53Aから出力されるチェック電圧値 E_c が所定の刻み幅の電圧値 ΔE でデクリメントされる。

[0069] 図7は前記電圧値インクリメント回路50Aの上下限電圧値供給回路51Aの一例であり、該上下限電圧値供給回路51Aはシャントレギュレータ510と、第1オペアンプ511と、第2オペアンプ512と、から成り、該シャントレギュレータ510への入力端子70には前記電源部2から所定の電圧値(例えば、5(V))が供給されている。シャントレギュレータ510では、この所定の電圧値から前記上限電圧値 E_H と下限電圧値 E_L とが作り出されて、該シャントレギュレータ510の一方の出力端子71から上限電圧値 E_H が出力され、他方の出力端子から下限電圧値 E_L が出力されるようになっている。

[0070] そして、前記出力端子71と第1オペアンプ511のプラス入力端子とが接続されて、該第1オペアンプ511のマイナス入力端子と出力端子とが接続され、該第1オペアンプ511の出力端子と端子73とが接続されて、シャントレギュレータ510から出力され

た上限電圧値 E_H は第1オペアンプ511によってその電圧値が安定化されて、該端子73から上限電圧値 E_H が取り出されるようになっている。

[0071] 同様に、前記出力端子72と第2オペアンプ512のプラス入力端子とが接続されて、該第2オペアンプ512のマイナス入力端子と出力端子とが接続され、該第2オペアンプ512の出力端子と端子74とが接続されて、シャントレギュレータ510から出力された下限電圧値 E_L は第2オペアンプ512によってその電圧値が安定化されて、該端子74から下限電圧値 E_L が取り出されるようになっている。

[0072] 図8は前記電圧値インクリメント回路50Aの上下限電圧値設定回路52Aと演算回路53Aの一例であり、前記上下限電圧値供給回路51Aから該上下限電圧値設定回路52Aに上限電圧値 E_H と下限電圧値 E_L とが供給される。

上下限電圧値設定回路52Aは、N型電界効果トランジスタ521と、電気抵抗522と、から成り、該トランジスタ521のゲートは電気抵抗75を介してワンチップマイコン4のPWM出力端子48に接続されて、該トランジスタ521のソースは前記端子74に接続され、該トランジスタ521のドレインは該電気抵抗522を介して前記端子73に接続されている。

[0073] 以上のような構成で、ワンチップマイコン4のPWM出力端子48からトランジスタ521のゲートへパルス幅 $c \cdot w$ のパルス波が供給されて、前記端子73からトランジスタ521のドレインへ上限電圧値 E_H が供給され、前記端子74からトランジスタ521のソースへ下限電圧値 E_L が供給されて、該トランジスタ521で該パルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値 E_H に設定するとともに、反転したパルス波の振幅の最小値を下限電圧値 E_L に設定している。

[0074] また、前記演算回路53Aは、オペアンプ531と、該オペアンプ531のマイナス入力端子と出力端子との間に並列に接続される電気抵抗532とコンデンサ533と、該オペアンプ531のマイナス入力端子に直列に接続される電気抵抗534と、から成り、該電気抵抗534が前記トランジスタ521のドレインと前記抵抗522との間の分岐部77に接続されている。また、オペアンプ531の出力端子は前記チェック電圧供給回路57に接続される端子79に接続され、該オペアンプ531のプラス入力端子は前記トランジスタ521のソースと前記端子74との間の分岐部78に接続されて、基準電圧値 E_B

が下限電圧値 E_L に設定されている。

[0075] このような構成で、演算回路53Aでは、前記上下限電圧値設定回路52Aから入力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を下限電圧値 E_L から減算した電圧値を出力して、該電圧値をチェック電圧値 E_c としてチェック電圧供給回路57に供給している。

[0076] 次に、電圧値インクリメント回路50Bの第2実施例について説明する。

図5に示すように、第2実施例に係る電圧値インクリメント回路50Bは、上限電圧値 E_H と下限電圧値 E_L とを供給する上下限電圧値供給回路51Bと、ワンチップマイコン4のPWM出力端子48から出力されたパルス波の振幅の最大値を上限電圧値 E_H に設定するとともに、最小値を下限電圧値 E_L に設定する上下限電圧値設定回路52Bと、該上下限電圧値設定回路52Bから出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値 E_B に加算した電圧値を出力する演算回路53Bと、を備え、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をインクリメントしていくことで、前記演算回路53Bから出力されるチェック電圧値 E_c を所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントしている。

[0077] ここでは、前記下限電圧値 E_L は前記最低チェック電圧値 E_0 に設定され($E_L = E_0$)、前記上限電圧値 E_H は前記最高チェック電圧値 E_n に設定されて($E_H = E_n$)、また、前記基準電圧値 E_B は前記最低チェック電圧値 E_0 に設定されている($E_B = E_0$)。

[0078] また、前記 n は $n = (E_n - E_0) / \Delta E$ であり、以上の設定により、図9に示すように、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c を1から n まで1ずつインクリメントしていくことで、前記演算回路53Bから出力されるチェック電圧値 E_c が最低チェック電圧値 E_0 から最高チェック電圧値 E_n まで所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントされるように構成されている。

[0079] なお、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をデクリメントしていくと、前記演算回路53Bから出力されるチェック電圧値 E_c が所定の刻み幅の電圧値 ΔE でデクリメントされる。

[0080] 次に、電圧値インクリメント回路50Cの第3実施例について説明する。

図5に示すように、第3実施例に係る電圧値インクリメント回路50Cは、上限電圧値

E_H と下限電圧値 E_L とを供給する上下限電圧値供給回路51Cと、ワンチップマイコン4のPWM出力端子48から出力されたパルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値 E_H に設定するとともに、反転したパルス波の振幅の最小値を下限電圧値 E_L に設定する上下限電圧値設定回路52Cと、該上下限電圧値設定回路52Cから出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値 E_B に加算した電圧値を出力する演算回路53Cと、を備え、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をディクリメントしていくことで、前記演算回路53Cから出力されるチェック電圧値 E_c を所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントしている。

[0081] ここでは、前記下限電圧値 E_L は前記最低チェック電圧値 E_0 に設定され($E_L = E_0$)、前記上限電圧値 E_H は前記最高チェック電圧値 E_n に設定されて($E_H = E_n$)、また、前記基準電圧値 E_B は前記最低チェック電圧値 E_0 に設定されている($E_B = E_0$)。

[0082] また、前記 n は $n = (E_n - E_0) / \Delta E$ であり、以上の設定により、図10に示すように、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c を n から1まで1ずつディクリメントしていくことで、前記演算回路53Cから出力されるチェック電圧値 E_c が最低チェック電圧値 E_0 から最高チェック電圧値 E_n まで所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントされるように構成されている。

[0083] なお、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をインクリメントしていくと、前記演算回路53Cから出力されるチェック電圧値 E_c が所定の刻み幅の電圧値 ΔE でディクリメントされる。

[0084] 次に、電圧値インクリメント回路50Dの第4実施例について説明する。

図5に示すように、第4実施例に係る電圧値インクリメント回路50Dは、上限電圧値 E_H と下限電圧値 E_L とを供給する上下限電圧値供給回路51Dと、ワンチップマイコン4のPWM出力端子48から出力されたパルス波の振幅の最大値を上限電圧値 E_H に設定するとともに、最小値を下限電圧値 E_L に設定する上下限電圧値設定回路52Dと、該上下限電圧値設定回路52Dから出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値 E_B から減算した電圧値を出力する演算回路53Dと、を備え、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をディクリメントし

ていくことで、前記演算回路53Dから出力されるチェック電圧値 E_c を所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントしている。

[0085] ここでは、前記下限電圧値 E_L は前記最高チェック電圧値 E_n に設定され($E_L = E_n$)、前記上限電圧値 E_H は最高チェック電圧値 E_n と最低チェック電圧値 E_0 との電圧差 E_d を $E_d = E_n - E_0$ とすると、 $E_H = E_n + E_d$ と設定され、また、前記基準電圧値 E_B は前記下限チェック電圧値 E_L に設定されている($E_B = E_L = E_n$)。

[0086] また、前記 n は $n = (E_n - E_0) / \Delta E$ であり、以上の設定により、図11に示すように、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c を n から1まで1ずつディクリメントしていくことで、前記演算回路53Dから出力されるチェック電圧値 E_c が最低チェック電圧値 E_0 から最高チェック電圧値 E_n まで所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントされるように構成されている。

[0087] なお、前記ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をインクリメントしていくと、前記演算回路53Dから出力されるチェック電圧値 E_c が所定の刻み幅の電圧値 ΔE でディクリメントされる。

[0088] 以上のように電圧値インクリメント装置が構成されており、後述の条件が満たされた場合に、ワンチップマイコン4のPWM43において前記変数 c をインクリメント又はディクリメントしていくことで、チェック電圧値 E_c を最低チェック電圧値 E_0 から所定の刻み幅の電圧値 ΔE でインクリメントを行うように構成されている。

[0089] 言い換えれば、この電圧値インクリメント装置によって、後述の条件が満たされた場合に、それまでのチェック電圧値 E_{c-1} に所定の刻み幅の電圧値 ΔE が加算されて新たなチェック電圧値 $E_c (= E_{c-1} + \Delta E)$ が設定されるように構成されている。

ここで、チェック電圧値 E_c は、最低チェック電圧値 E_0 から電圧値 ΔE を c 回インクリメントした電圧値であり、 $E_c = E_0 + c \cdot \Delta E$ と表すこともできる。

[0090] この電圧値インクリメント装置では、ワンチップマイコン4の所定の1つの出力端子だけを用いて電圧値のインクリメントを行う構成としたことで、ワンチップマイコン4に掛かる負荷を軽減することができ、小容量のワンチップマイコン4で、高精度で小負荷の電圧値のインクリメント動作を実現することができる。

[0091] 次に、ワンチップマイコン4のROM41に組み込まれているプログラムについて説明

する。

ワンチップマイコン4のROM41には、二次電池10をチェック電圧値 E_c で印加中に電流検出部46で検出された電流値 i が、予め入力設定された判定基準値 K (例えば、1(mA))以下になったか否かを判定する第1判定プログラムと、該第1判定プログラムによる前回の肯定判定(二次電池10にチェック電圧値 E_{c-1} を印加しているときに検出された電流値 i が判定基準値 K 以下との判定)から今回の肯定判定(二次電池10にチェック電圧値 E_c を印加しているときに検出された電流値 i が判定基準値 K 以下との判定)までの間に、充電制御回路5によるチェック電圧値 E_c への切換回数を前記カウンタ45でカウントして記録する計測プログラムと、該第1判定プログラムによる前回の肯定判定から今回の肯定判定までのチェック電圧値 E_c への切換回数が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までのチェック電圧値 E_{c-1} への切換回数の r (r は1以上の実数であり、ベストモードは $1 \leq r \leq 2$)倍を越えたか否かを判定する第2判定プログラムと、が組み込まれている。

ただし、この計測プログラムによる切換回数のカウントと、第2判定プログラムによる判定とは、 $c \geq 2$ の場合に行われるものとする。

[0092] 以上のように、本発明の二次電池の充電装置1では、そのワンチップマイコン4のROM41に、判定手段である第1判定プログラムと第2判定プログラムと、計測手段である計測プログラムとが、格納されている。

[0093] なお、計測プログラムと第2判定プログラムとは上記構成に限らず、計測プログラムは前記第1判定プログラムによる前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間をタイマ44で計測する構成とし、第2判定プログラムは第1判定プログラムによる前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が、前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r 倍を越えたか否かを判定する構成としてもよい。

[0094] 次に、本発明の二次電池の充電装置1での充電の概要を説明する。

この本発明の二次電池の充電装置1による充電を、陸上競技の走り高跳びに例えて説明すると、ここに、その高飛び能力が正確にはわからない競技者(満充電平衡電圧値が正確にはわからない二次電池)がいるとする。

[0095] まず、バーの高さを最低高さ(最低チェック電圧値 E_0)に設定して、競技(充電)を行い、競技者がこの最低高さをクリアー(第1判定プログラムによる判定で、検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定)すると、そのクリアーまでに要した試技の回数を記録しておく。通常の走り高跳びのルールでは、試技の回数は3回までであるが、ここでのルールは、試技の回数は前回の高さ(チェック電圧値 E_{c-1})でその高さをクリアーするまでに要した回数の r 倍以内とする。例えば、この r は2として、前回の高さ(チェック電圧値 E_{c-1})でその高さをクリアーするまでに3回の試技を要した場合は、バーの高さ(電圧値)を所定高さ(所定の刻み幅の電圧値 ΔE)上げた後の今回の高さ(新たなチェック電圧値 E_c)では試技の回数は6回までとして、6回を越えると(第2判定プログラムによる判定)、そこで競技(充電)を終了するものとする。

[0096] 図12は図2における矢視Pの部分拡大した図であり、ニッケル-水素電池を例に挙げて説明する。

電圧-電流特性は、充電が進むに連れて(充電率が上昇するに連れて)、図12中の矢印の方向に推移していき、反応分水嶺 L_d に沿う直線が充電率100%の直線となる。

まず、最低チェック電圧値 E_0 を1.40(V)に設定して、満充電平衡電圧値 E_{eq} を超えるが不可逆化学反応領域 D には達しない所定の充電印加電圧値による充電と、該最低チェック電圧値 E_0 による充電状態のチェックとを繰り返していく。この最低チェック電圧値 E_0 によるチェック回数が増えるに従って、チェック時に検出される電流値 i は減少していき、図12中の1.40(V)上の太線に沿って下降していく。そして、例えば、20回目の最低チェック電圧値 E_0 によるチェックで、検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されたとする。

[0097] そして、前記電圧値インクリメント装置によって、次のチェック電圧値 E_1 を、最低チェック電圧値 E_0 から0.01(V)上げて1.41(V)に設定し、このチェック電圧値 E_1 による最初の充電状態チェックでは、ニッケル-水素電池に2(mA)弱の電流が流れ、該チェック電圧値 E_1 によるチェック回数が増えるに従って、チェック時に検出される電流値 i は減少していき、図12中の1.41(V)上の太線に沿って下降していく。そして、例えば、3回目の充電状態チェックで、検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定さ

れたとする。この検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されるまでのチェック回数(3回)は前回の最低チェック電圧値 E_0 で検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されるまでのチェック回数(20回)よりも少なく、従って、さらに充電を続けるものとする。

[0098] そして、前記電圧値インクリメント装置によって、その次のチェック電圧値 E_2 をチェック電圧値 E_1 から0.01(V)上げて1.42(V)に設定し、このチェック電圧値 E_2 による最初の充電状態チェックでは、ニッケル-水素電池に約2(mA)の電流が流れ、該チェック電圧値 E_1 によるチェック回数が増えるに従って、チェック時に検出される電流値 i は減少していき、図12中の1.42(V)上の太線に沿って下降していく。そして、例えば、3回目の充電状態チェックで、検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されたとする。この検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されるまでのチェック回数(3回)は前回のチェック電圧値 E_1 で検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されるまでのチェック回数(3回)と同じで、従って、この場合も、さらに充電を続けるものとする。

[0099] 以後、同様に充電状態をチェックしていき、1.47(V)のチェック電圧値で、検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されるまでのチェック回数が、その前の1.46(V)のチェック電圧値で、検出された電流値 i が判定基準値 K 以下と判定されるまでのチェック回数の2倍(6回)を越えると、ここで、ニッケル-水素電池の充電を停止する。このように二次電池を充電することで、該二次電池の充電率は略100%となる。

[0100] 次に、図13を参照しながら本発明の二次電池の充電装置1による充電の流れを説明する。

まず、ユーザは充電装置1に二次電池10をセットして、操作スイッチ6を操作すると、二次電池10は充電装置1による測定対象となる全ての種類、全ての型番の二次電池の定格満充電平衡電圧値よりも低い最低チェック電圧値 E_0 (例えば、1.40(V))で微小時間 T_2 (例えば、5(秒))印加される(ステップB1)。

[0101] この最低チェック電圧値 E_0 で二次電池10を微小時間 T_2 印加している間に、電流検出部46によって二次電池10に流れている電流値 i を検出して(ステップB2)、前記第1判定プログラムでこの検出した電流値 i の判定を行う(ステップB3)。

- [0102] この検出した電流値 i が判定基準値 K を越えていれば(ステップB3)、切換スイッチ58により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値 E_t に切り換えて、該所定の充電印加電圧値 E_t で二次電池10を所定時間 T_1 (例えば、55(秒))印加する(ステップB4)。この所定の充電印加電圧値 E_t で二次電池10の充電を行い、所定時間印加 T_1 の経過後、切換スイッチ58により充電電圧を前記最低チェック電圧値 E_0 に切り換えて、再び、前記ステップB1に戻る。
- [0103] 一方、検出した電流値 i が判定基準値 K 以下であれば(ステップB3)、前記電圧値インクリメント装置により、それまでのチェック電圧値 E_c (最低チェック電圧値 E_0 を含む)に前記所定の刻み幅の電圧値 ΔE (例えば、0.01(V))を加算して新たなチェック電圧値 $E_c (=E_{c-1} + \Delta E)$ を設定するとともに(ステップB5)、切換スイッチ58により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値 E_t に切り換えて、該所定の充電印加電圧値 E_t で二次電池10を所定時間 T_1 (例えば、55(秒))印加する(ステップB6)。
- [0104] そして、所定時間 T_1 の経過後、切換スイッチ58により充電電圧をこの新たなチェック電圧値 E_c に切り換えて、該新たなチェック電圧値 E_c で二次電池10を微小時間 T_2 印加し(ステップB7)、この微小時間 T_2 の間に、電流検出部46によって二次電池10に流れている電流値 i を検出して(ステップB8)、前記第1判定プログラムでこの検出した電流値 i の判定を行う(ステップB9)。
- [0105] この検出した電流値 i が判定基準値 K を越えていれば(ステップB9)、前記ステップB5に戻り、一方、該電流値 i が判定基準値 K 以下となっていれば(ステップB9)、前記第2判定プログラムによって前記第1判定プログラムによる前回の肯定判定(検出した電流値 i が判定基準値 K 以下との判定)から今回の肯定判定(検出した電流値 i が判定基準値 K 以下との判定)までの間に切り換えられた、チェック電圧値 E_c への切換回数 N_c を判定する(ステップB10)。
- [0106] この切換回数 N_c は計測プログラムによって記録されており、第2判定プログラムで、第1判定プログラムによる前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間のチェック電圧値 E_c への切換回数 N_c が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間のチェック電圧値 E_{c-1} への切換回数 N_{c-1} の r 倍以下と判定されれば(ステップB10)、前記ステップB6に戻り、一方、第2判定プログラムで、第1判定プログラムによる前回の肯定判

定から今回の肯定判定までの間のチェック電圧値 E_c への切換回数 N_c が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間のチェック電圧値 E_{c-1} への切換回数 N_{c-1} の r 倍を越えていると判定されれば(ステップB10)、充電停止信号が出力されて(ステップB11)、二次電池10の充電が停止される(ステップB12)。

- [0107] なお、前記ステップB11で、充電停止信号が出力されたときに、即座に二次電池10の充電を停止してもよく、あるいは、追い充電を行ってある時間が経過した後に二次電池10の充電を停止してもよい。後者の場合は、前記充電停止信号が出力されると、例えば、切換スイッチ58により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値 E_t に切り換えて、該所定の充電印加電圧値 E_t で二次電池10を第2の所定時間 T_3 印加した後、二次電池10の充電を完了する。あるいは、前記充電停止信号が出力されると、前記所定の充電印加電圧値 E_t による所定時間 T_1 の電圧印加と、前記チェック電圧値 E_c による微小時間 T_2 の電圧印加とから成るサイクルを所定回数繰り返した後、二次電池10の充電を完了するように構成してもよい。

このように充電することで、二次電池10の充電率がさらに100%に近づくように充電することができる。

- [0108] 以上のような構成で、この本発明の二次電池の充電装置1によれば、二次電池10の種類や型番等に関わらず、どのような二次電池10であっても、その二次電池10の満充電平衡電圧値を探り当てながら、充電率が略100%になるように充電することができ、信頼性が向上する。さらに、この充電装置1は、内部構造が一部破壊されて劣化している二次電池10に対しても有効で、その二次電池10の現時点の満充電平衡電圧値を探り当てて、現時点の蓄電容量に対して充電率が略100%になるように充電することができる。

- [0109] 次に、本発明の二次電池の充電装置1による充電理論について説明する。

図14に示すように、一定値に近づく漸近特性をもつ関数の一般形としては、3つの例が挙げられる。このうち図14中の(b)の関数に関しては、本発明の二次電池の充電装置1による充電には当てはまらないため、図14中の(a)の関数及び(c)の関数について検討する。

まず、図14中の(a)の関数について説明すると、図15に示すように、充電率が100

%の満充電状態の飽和時の電位を $V_{eq,f}$ とすると、起電電圧 $V_{eq}(t)$ は次式(a-1)で表される。

[0110] [数1]

$$V_{eq}(t) = \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\} (1 - e^{-\lambda(t-t_0)}) + V_{eq}(t_0) \quad (a-1)$$

[0111] ここで、時刻 $t=t_1$ のときの起電電圧を $V_{eq}(t_1)$ とすると、次式(a-2)が成立する。

[0112] [数2]

$$V_{eq}(t_1) = \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\} (1 - e^{-\lambda(t_1-t_0)}) + V_{eq}(t_0) \quad (a-2)$$

[0113] この状態からチェック電圧値を ΔV 上げて新たなチェック電圧値を設定し、電池起電電圧がこの新たなチェック電圧値に平衡するまでの所要時間を $\Delta t(t_n)$ とすると次式(a-3)が成立する。

[0114] [数3]

$$V_{eq}(t_1) + \Delta V = \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\} (1 - e^{-\lambda(t_1 + \Delta t(t_1) - t_0)}) + V_{eq}(t_0) = V_{eq}(t_2) \quad (a-3)$$

[0115] この式(a-3)を整理すると、次式(a-4)が得られ、この式(a-4)は式(a-2)を使うと、式(a-5)で表される。

[0116] [数4]

$$\Delta t(t_1) = \frac{1}{\lambda} \ln \left[1 - \frac{\Delta V}{\{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\} e^{-\lambda(t_1-t_0)}} \right]^{-1} \quad (a-4)$$

$$\Delta t(t_1) = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{V_{eq,f} - V_{eq}(t_1)}{V_{eq,f} - V_{eq}(t_1) - \Delta V} \right] \quad (a-5)$$

[0117] 式(a-3)で示される時刻 $t=t_2$ から $2\Delta t(t_1)$ の時の電池電圧 $V_{eq}(t_2 + 2\Delta t(t_1))$ を算出し、 $V_{eq}(t_2) + \Delta V$ と比較する。

すなわち、式(a-1)に、 $t=t_1 + 3\Delta t(t_1)$ を代入した次式(a-6)と、式(a-1)に、 $t=t_2$ を代入して ΔV を足した次式(a-7)との比較になる。

[0118] [数5]

$$V_{eq}(t_1 + 3\Delta t(t_1)) = \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\}(1 - e^{-\lambda(t_1 - t_0 + 3\Delta t(t_1))}) + V_{eq}(t_0) \quad (a-6)$$

$$V_{eq}(t_2)) + \Delta V = \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\}(1 - e^{-\lambda(t_1 + \Delta t(t_1) - t_0)}) + V_{eq}(t_0) + \Delta V \quad (a-7)$$

[0119] 式(a-6)が式(a-7)よりも大きければ、基点は $t=t_2$ となり、充電は続行する。一方、式(a-6)が式(a-7)よりも小さければ、充電は終止し、終止した電池起電電圧は式(a-6)で規定される。ここで、次式(a-8)は、式(a-6)から式(a-7)を引いた計算式である。

[0120] [数6]

$$\begin{aligned} A &= \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_0)\} e^{-\lambda(t_1 - t_0)} e^{-\lambda \Delta t(t_1)} (1 - e^{-2\lambda \Delta t(t_1)}) - \Delta V \\ &= \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_1) - \Delta V\} (1 - e^{-2\lambda \Delta t(t_1)}) - \Delta V \end{aligned} \quad (a-8)$$

[0121] 具体例として、ここで、ある二次電池が次の定数を持つとする。

$V_{eq,f} = 1.417$ (V)、 $V_{eq}(t_0) = 1.385$ (V)、定数 λ は充電電流によって決まる定数、比較電圧のアップは $\Delta V = 0.01$ (V)とする。計算の基点は図16の時間-電圧のパターンの場合、時刻 $t=t_1$ となる。(チェック開始電圧は1.38 (V)としても、制御の対象となるのは同図の場合、時刻 $t=t_1$ 以降となる。)

これらの値を前記の式(a-8)に代入すると、次式(a-9)が得られる。

[0122] [数7]

$$A = \{V_{eq,f} - V_{eq}(t_1) - \Delta V\} (1 - e^{-2\lambda \Delta t(t_1)}) - \Delta V = (1.407 - V_{eq}(t_1)) (1 - e^{-2\lambda \Delta t(t_1)}) - 0.01 \quad (a-9)$$

[0123] 以上の計算式に基づき、前記本発明の二次電池の充電装置1において、第2判定プログラムでの判定に係る定数 r を、 $r=2$ と設定したときの実例を説明する。

[0124] 図17に示すように、まず、最低チェック電圧値を1.39 (V)に設定して、二次電池の充電を開始する。充電が進み二次電池の起電電圧が1.39 (V)に達すると平衡して充電は停止する。

次にチェック電圧値を0.01 (V)上げて1.40 (V)とすると、ある時間経過後(図17

の例では、無次元化された時間で0.463)、電池起電電圧は1.40(V)に達する。さらに、チェック電圧値を0.01(V)上げて1.41(V)とし、1.40(V)から1.41(V)に達するに要した時間(無次元化された時間で0.887)の2倍の時間経過すると充電を終止させる。このときの電池起電電圧は1.4158(V)となり、本来の満充電時起電電圧の99.9%に達している。

[0125] この制御方式は二次電池のもつ充電特性がこのパターンである限り、起電電圧に差があっても正しく満充電時の起電電圧に近づけることが可能であり、従って、二次電池の品種を問わず満充電が可能である。

[0126] 次に、図14中の(c)の関数について説明する。

図18に示すように、この場合の充電の概要を説明すると、時刻 $t=t_1$ で電池電圧がチェック電圧値に平衡し、そのときの電圧は $V_{eq,1}(t_1)$ となる。次にチェック電圧値を ΔV 上げて新たなチェック電圧値を設定して、充電を持続し、平衡するまでの時間を $\Delta t(t_1)$ とする。そこでの平衡電圧は $V_{eq,1}(t_1) + \Delta V$ である。さらにチェック電圧値を ΔV 上げて新たなチェック電圧値を設定し、充電を持続する。このとき、 $2\Delta t(t_1)$ 経過しても平衡しないときは充電を終止する。平衡したときはその時間経過を $\Delta t(t_2)$ と V_{eq} は $V_{eq,1}(t_1) + 2\Delta V$ となる。そして、チェック電圧値を ΔV ずつ上げて、以上の過程を繰り返す。

[0127] 以上の充電制御を数学的に演繹すると、図18に示す電位曲線は次式(b-1)に従うものとする。

[0128] [数8]

$$V_{eq}(t) = (V_{eq,f} - V_{eq,2}) \frac{1}{1 + e^{-\lambda(t-t_c)}} + V_{eq,2} \quad (b-1)$$

[0129] 時刻 $t=t_1$ のとき、式(b-1)に代入すると、次式(b-2)が得られる。

[0130] [数9]

$$V_{eq}(t_1) = (V_{eq,f} - V_{eq,2}) \frac{1}{1 + e^{-\lambda(t_1-t_c)}} + V_{eq,2} \quad (b-2)$$

[0131] この時点より、電圧が ΔV 上昇するのに要する時間を計算する。

[0132] [数10]

$$V_{eq}(t_2) = V_{eq}(t_1) + \Delta V = (V_{eq,f} - V_{eq,2'}) \frac{1}{1 + e^{-\lambda(t_1 + \Delta t(t_1) - t_c)}} + V_{eq,2'} \quad (b-3)$$

[0133] 上式(b-3)を変形すると、次式(b-3')が得られる。

[0134] [数11]

$$\Delta t(t_1) = \frac{1}{\lambda} \ln \left\{ \frac{1 + \frac{\Delta V}{(V_{eq,f} - V_{eq,2'})} (1 + e^{-\lambda(t_1 - t_c)})}{1 - \frac{\Delta V}{(V_{eq,f} - V_{eq,2'})} (1 + e^{\lambda(t_1 - t_c)})} \right\} \quad (b-3')$$

[0135] また、前記の式(b-2)を変形すると、次式(b-2')が得られる。

[0136] [数12]

$$e^{-\lambda(t - t_c)} = \frac{V_{eq,f} - V_{eq}(t)}{V_{eq}(t) - V_{eq,2'}} \quad (b-2')$$

[0137] 以上の計算式に基づき、前記本発明の二次電池の充電装置1において、第2判定プログラムでの判定に係る定数rを、r=2と設定したときの実例を説明する。

チェック電圧値を0.01(V)ずつ上げていったときに、充電のステップ(充電の度合い)によって、そのバーの高さ(チェック電圧値)をクリアするのに要する時間が異なり、その所要時間が前の2倍になったときに、充電を終止したときの平衡電圧を計算する。

[0138] 図19では、最初のバーの高さである最低チェック電圧値を1.40(V)に設定して、1.40(V)から1.41(V)にチェック電圧値をあげると、そこをクリアするのに無次元化された時間で1.299要している。また、1.43(V)から1.44(V)には図19の表中の最低時間(無次元化された時間で0.673)でクリアし、チェック電圧値をさらに上げると、そのチェック電圧値をクリアするのに要する時間が長くなり、あげくはいつまで経ってもクリアできないことになる。そこで、最後にクリアした所要時間の2倍を限度に充電を終止させた場合、目標値に達成度を計算したのが図19の表の最下段

の値となる。この表からもわかるように、この充電方法によれば、充電終止時に、本来の満充電時起電電圧の99.97%に達している。

- [0139] 以上は、前記本発明の二次電池の充電装置1において、第2判定プログラムでの判定に係る定数 r を、 $r=2$ と設定した場合の説明である。この定数 r の設定は、1以上であれば、限定するものではない。この定数 r を $r=1$ と設定した場合には、図18における電圧曲線の編曲点(時刻 $t=t_c$ での電圧値)付近で充電が停止し、充電終了時の二次電池の充電率は約80%となっている。このような設定の充電の方法も有効であり、不可逆反応領域Dに決して達することなく充電を行うことができ、サイクル寿命を5000回を越えるまでに飛躍的に延ばすことができる。

請求の範囲

[1] 充電対象となるどの種類の二次電池の定格満充電平衡電圧値よりも低い最低チェック電圧値から所定の刻み幅の電圧値でチェック電圧値をインクリメントしていく電圧値インクリメント手段と、

二次電池に充電対象となるどの種類の二次電池の定格満充電平衡電圧値よりも高いが不可逆化学反応領域には達しない所定の充電印加電圧値を供給する充電電圧供給手段と、

二次電池に印加する電圧値を前記充電電圧供給手段から供給される所定の充電印加電圧値、又は前記電圧値インクリメント手段から供給されるチェック電圧値に切り換える切換手段と、

二次電池にチェック電圧値を印加している間に、二次電池に通電されている電流値を検出する電流検出手段と、

前記電流検出手段によって検出された電流値が、予め入力設定された判定基準値以下になったか否かを判定する第1の判定手段と、

前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が、前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r (r は1以上の実数)倍を越えたか否かを判定する第2の判定手段と、

を備え、

以下の第1ステップから第7ステップに従って二次電池の充電を制御する二次電池の充電装置。

(第1ステップ) 前記最低チェック電圧値で二次電池を微小時間印加して、該微小時間の間に、前記電流検出手段によって二次電池に通電されている電流値を検出する。

(第2ステップ) 前記第1の判定手段でこの検出した電流値の判定を行い、該電流値が前記判定基準値を越えていれば、次の第3ステップへ移行し、一方、該電流値が前記判定基準値以下となっていれば、第4ステップへジャンプする。

(第3ステップ) 前記切換手段により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値に切り換えて、該所定の充電印加電圧値で二次電池を所定時間印加した後、前記切換手

段により充電電圧を前記最低チェック電圧値に切り換え、前記第1ステップに戻る。

(第4ステップ) 前記電圧値インクリメント手段により、それまでのチェック電圧値に前記所定の刻み幅の電圧値をインクリメントした新たなチェック電圧値を設定する。

(第5ステップ) 前記切換手段により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値に切り換えて、該所定の充電印加電圧値で二次電池を所定時間印加した後、前記切換手段により充電電圧を前記新たなチェック電圧値に切り換え、該新たなチェック電圧値で二次電池を微小時間印加している間に、前記電流検出手段によって二次電池に通電されている電流値を検出する。

(第6ステップ) 前記第1の判定手段によってこの検出した電流値の判定を行い、該電流値が前記判定基準値を越えていれば、前記第5ステップに戻り、一方、該電流値が前記判定基準値以下となっていれば、次の第7ステップへ移行する。

(第7ステップ) 前記第2の判定手段によって前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間の判定を行い、前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r 倍以下であれば、前記第4ステップに戻り、一方、前記第1の判定手段による前回の肯定判定から今回の肯定判定までの間の所要時間が前々回の肯定判定から前回の肯定判定までの間の所要時間の r 倍を越えていれば、充電停止信号を出力する。

- [2] 前記第7ステップで、前記充電停止信号が出力されると、前記切換手段により充電電圧を前記所定の充電印加電圧値に切り換えて、該所定の充電印加電圧値で二次電池を第2の所定時間印加した後、二次電池の充電を完了する、請求項1に記載の二次電池の充電装置。
- [3] 前記所要時間は、前記切換手段による前記チェック電圧値への切換回数をカウントすることで計測されることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の二次電池の充電装置。
- [4] 前記電圧値インクリメント手段は、
1周期を n (n は2以上の整数) 等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1, 2, \dots, n$) として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロ

コンピュータと、

前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、反転したパルス波の振幅の最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、

前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値から減算した電圧値を出力する演算回路と、

を備え、

前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をインクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていくことを特徴とする請求項1から請求項3のうち何れか一項に記載の二次電池の充電装置。

[5] 前記電圧値インクリメント手段は、

1周期を n (n は2以上の整数) 等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1, 2, \dots, n$) として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、

前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、

前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値に加算した電圧値を出力する演算回路と、

を備え、

前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をインクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていくことを特徴とする請求項1から請求項3のうち何れか一項に記載の二次電池の充電装置。

[6] 前記電圧値インクリメント手段は、

1周期を n (n は2以上の整数) 等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1, 2, \dots, n$) として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、

前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値と最小値とを反転し、この反転したパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、反転したパル

ス波の振幅の最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、

前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値に加算した電圧値を出力する演算回路と、

を備え、

前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をデクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていくことを特徴とする請求項1から請求項3のうち何れか一項に記載の二次電池の充電装置。

[7] 前記電圧値インクリメント手段は、

1周期を n (n は2以上の整数) 等分した時間刻み幅を w とし、変数を c ($c=1, 2, \dots, n$) として、パルス幅 $c \cdot w$ のパルス波を所定の1つの出力端子から出力するマイクロコンピュータと、

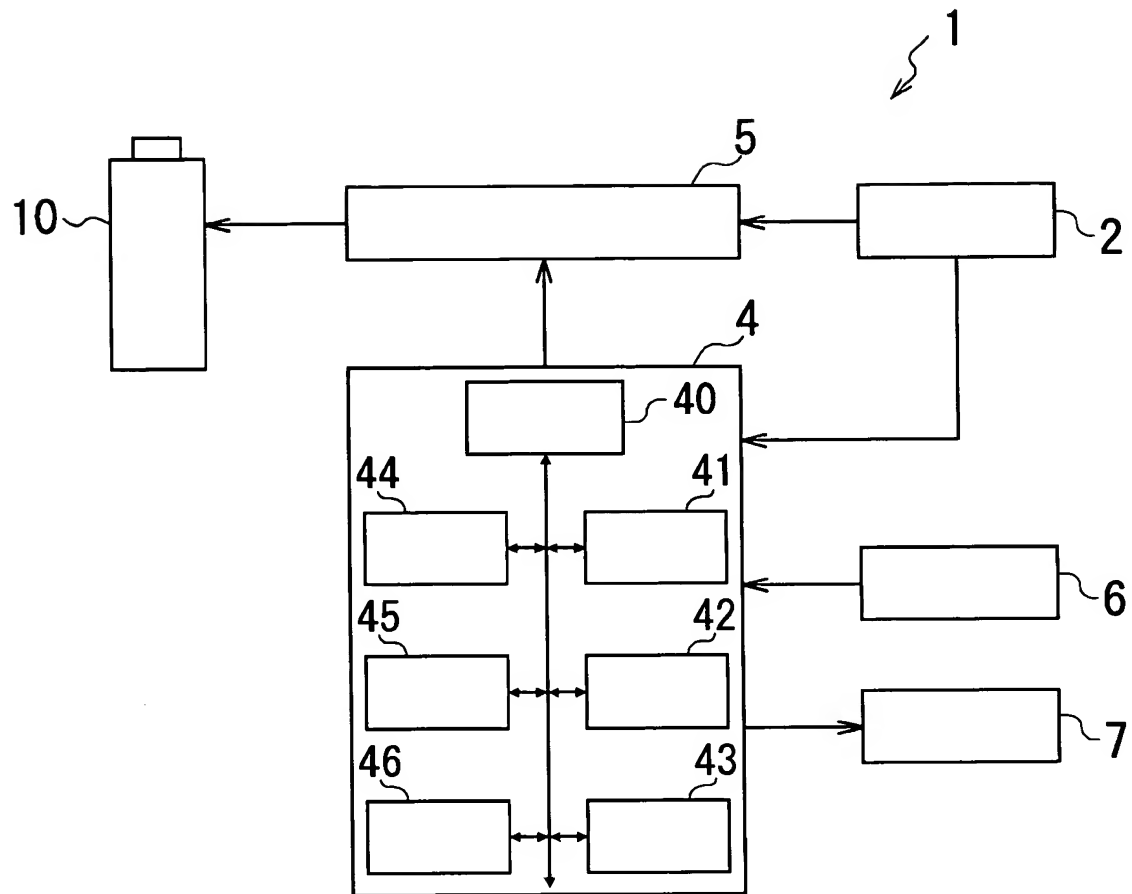
前記出力端子から出力されたパルス波の振幅の最大値を上限電圧値に設定するとともに、最小値を下限電圧値に設定する上下限電圧値設定回路と、

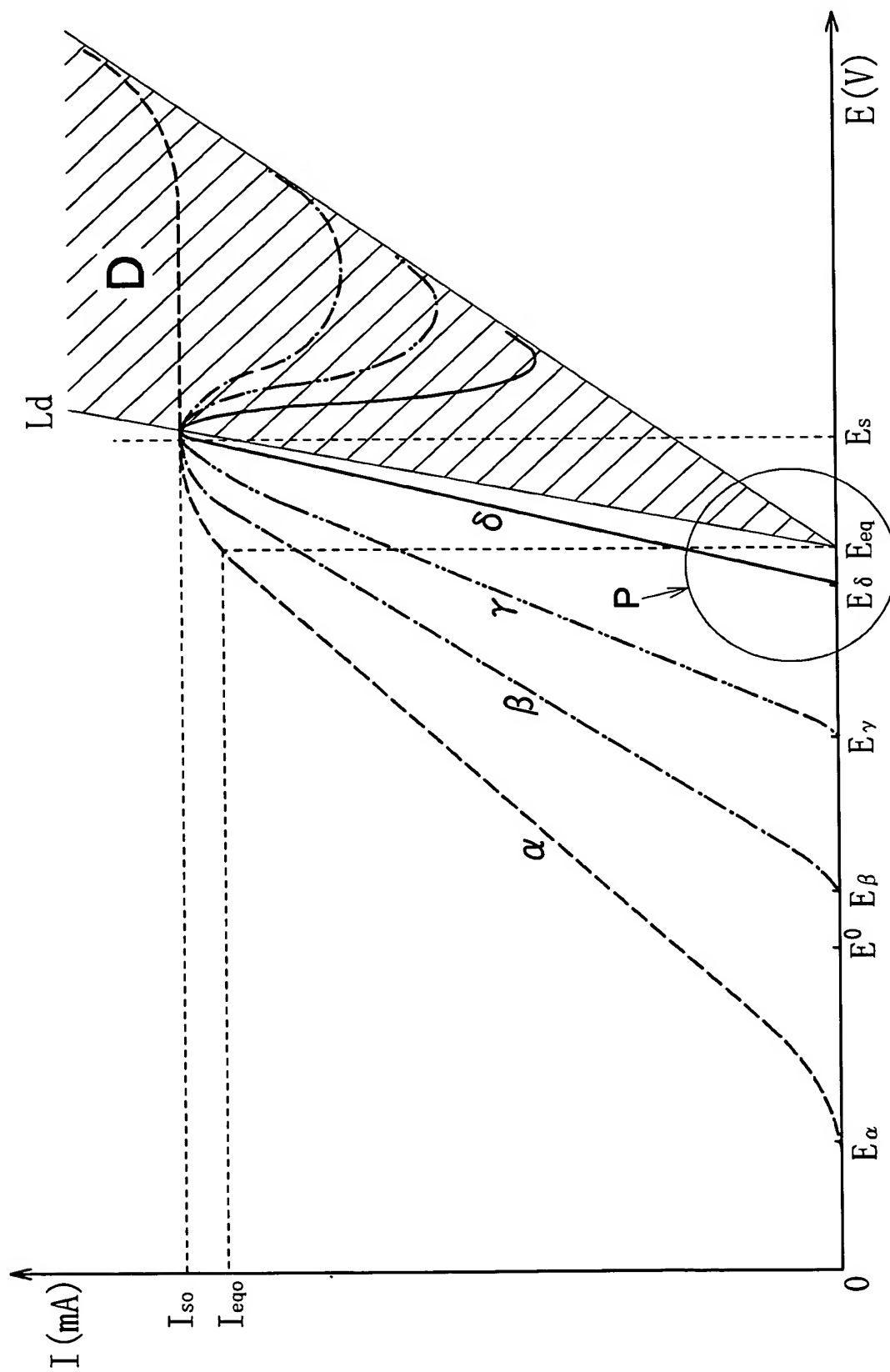
前記上下限電圧値設定回路から出力されたパルス波の電圧値を平均化するとともに、その平均値を基準電圧値から減算した電圧値を出力する演算回路と、

を備え、

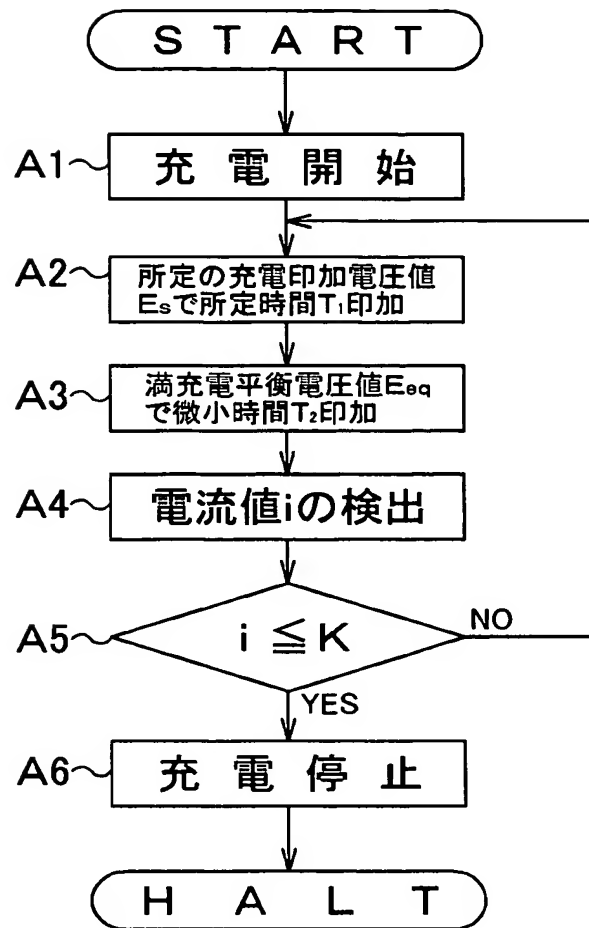
前記マイクロコンピュータにおいて前記変数 c をデクリメントしていくことで、前記演算回路から出力される電圧値を所定の刻み幅の電圧値でインクリメントしていくことを特徴とする請求項1から請求項3のうち何れか一項に記載の二次電池の充電装置。

[図1]

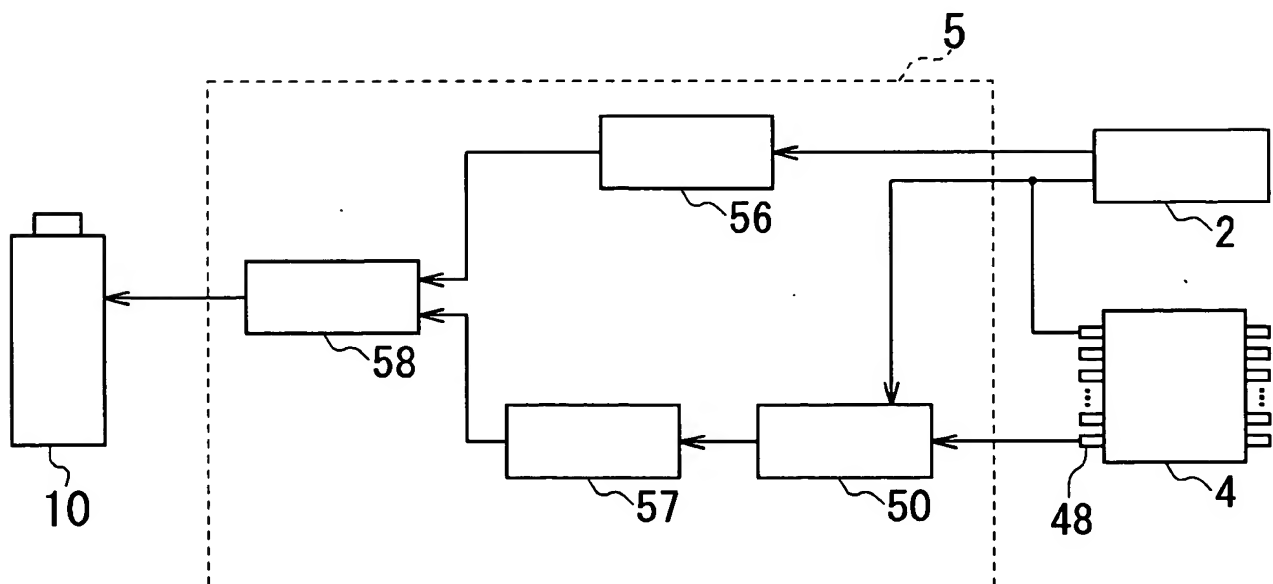




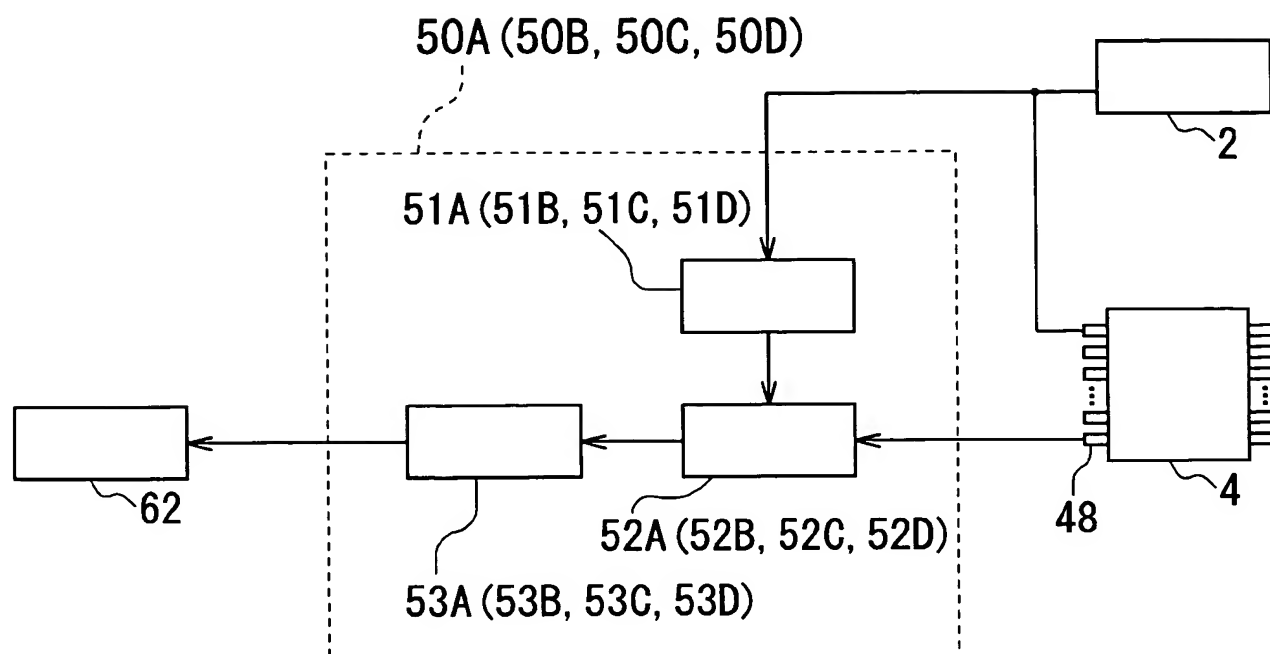
[図3]



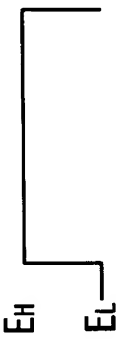

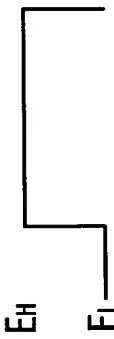

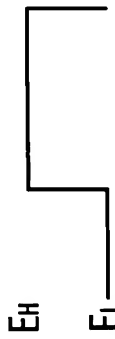
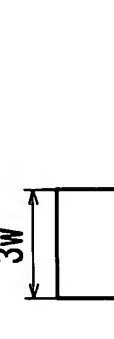
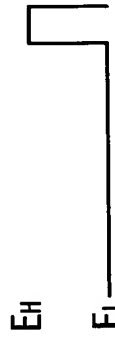
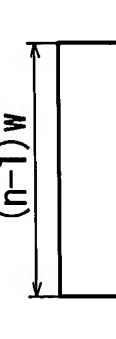


[図4]



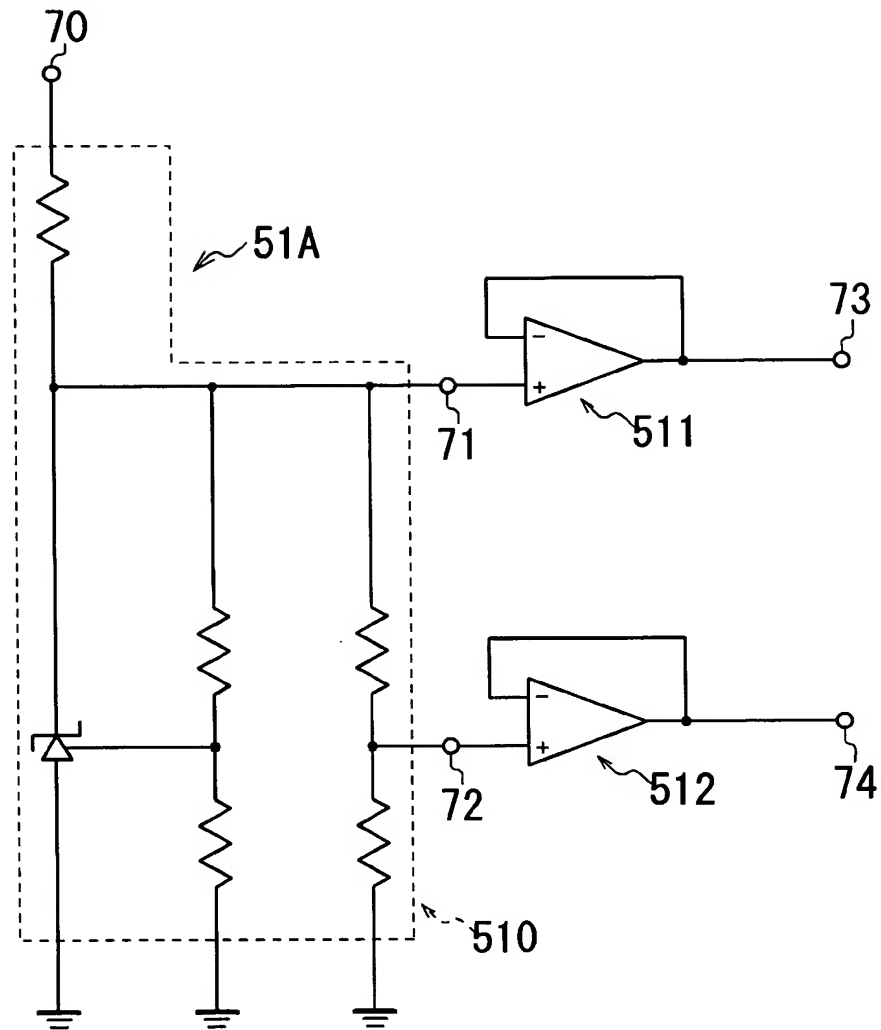
[図5]



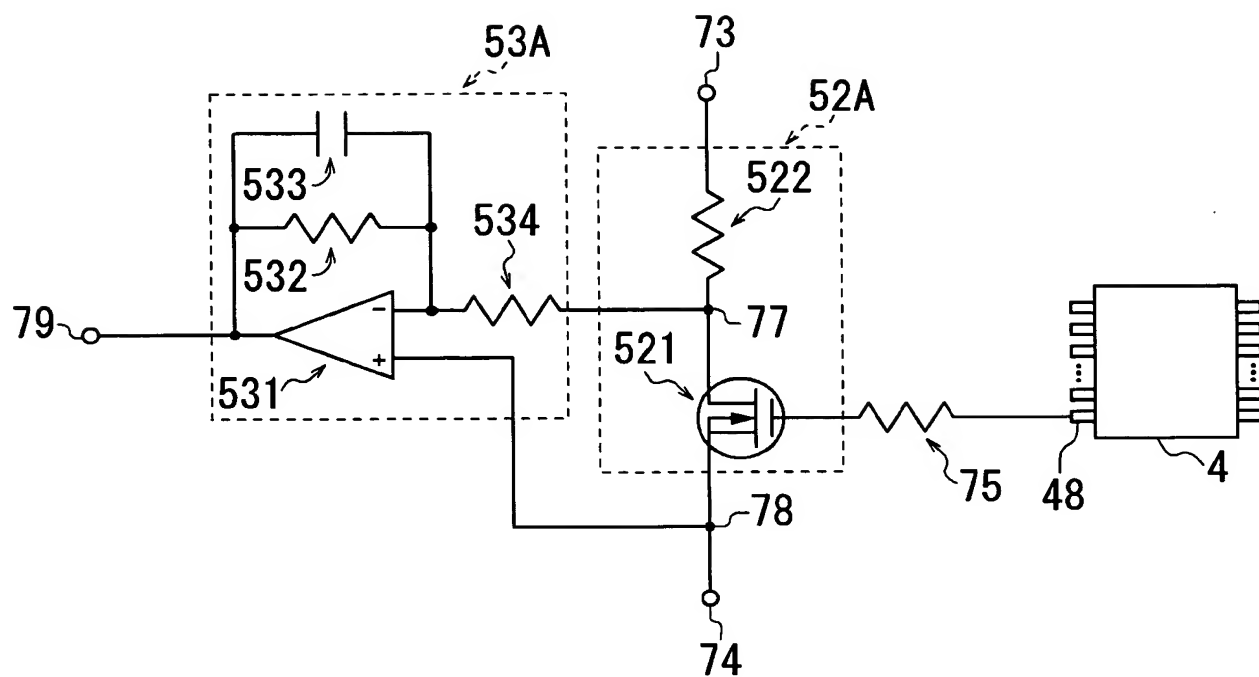
[図6]

	演算回路53Aからの出力値	上下限電圧値設定回路52Aからの出力波形	PWM出力端子48からの出力波形
1回目のインクリメント	$E_1 = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{n-1}{n} = E_0 + \Delta E$		
2回目のインクリメント	$E_2 = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{n-2}{n} = E_0 + 2 \cdot \Delta E$		
3回目のインクリメント	$E_3 = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{n-3}{n} = E_0 + 3 \cdot \Delta E$		
• • •	• • •	• • •	• • •
(n-1)回目のインクリメント	$E_{n-1} = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{1}{n} = E_0 + (n-1) \cdot \Delta E$		
n回目のインクリメント	$E_n = E_L = E_0 + n \cdot \Delta E$		

[図7]




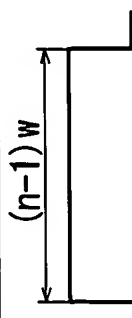
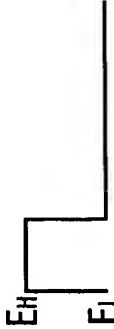
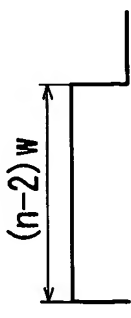
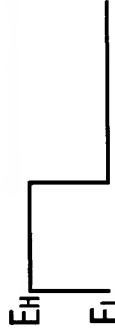
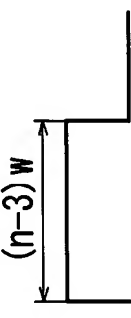




[図8]



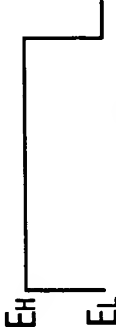
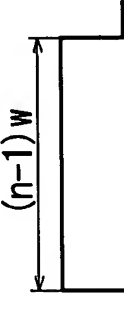

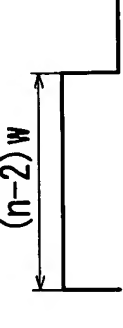
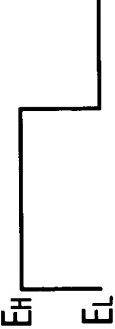
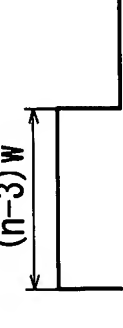




[図9]

	演算回路53Bからの出力値	上下限電圧値設定回路52Bからの出力波形	PWM出力端子48からの出力波形
1回目のインクリメント	$E_1 = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{1}{n} = E_0 + \Delta E$		
2回目のインクリメント	$E_2 = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{2}{n} = E_0 + 2 \cdot \Delta E$		
3回目のインクリメント	$E_3 = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{3}{n} = E_0 + 3 \cdot \Delta E$		
• • •	• • •	• • •	• • •
(n-1)回目のインクリメント	$E_{n-1} = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{n-1}{n} = E_0 + (n-1) \cdot \Delta E$		
n回目のインクリメント	$E_n = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{n}{n} = E_0 + n \cdot \Delta E$		

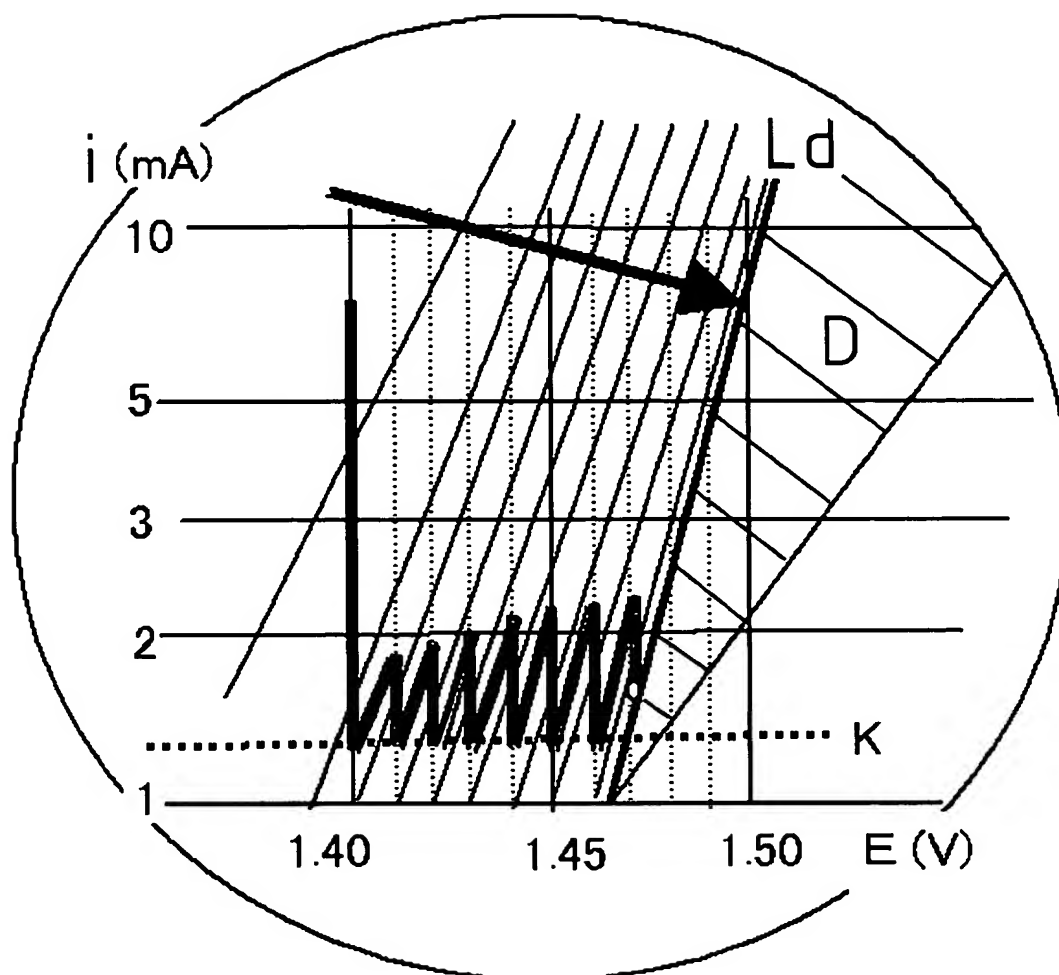
[図10]

	演算回路53Cからの出力値	上下限電圧値設定回路52Cからの出力波形	PWM出力端子48からの出力波形
1回目の デイクリ メント	$E_1 = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{1}{n} = E_0 + \Delta E$		
2回目の デイクリ メント	$E_2 = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{2}{n} = E_0 + 2 \cdot \Delta E$		
3回目の デイクリ メント	$E_3 = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{3}{n} = E_0 + 3 \cdot \Delta E$		
• • •	• • •	• • •	• • •
(n-1)回目 のデイク リメント	$E_{n-1} = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{n-1}{n} = E_0 + (n-1) \cdot \Delta E$		
n回目の デイクリ メント	$E_n = E_L + (E_H - E_L) \cdot \frac{n}{n} = E_0 + n \cdot \Delta E$		

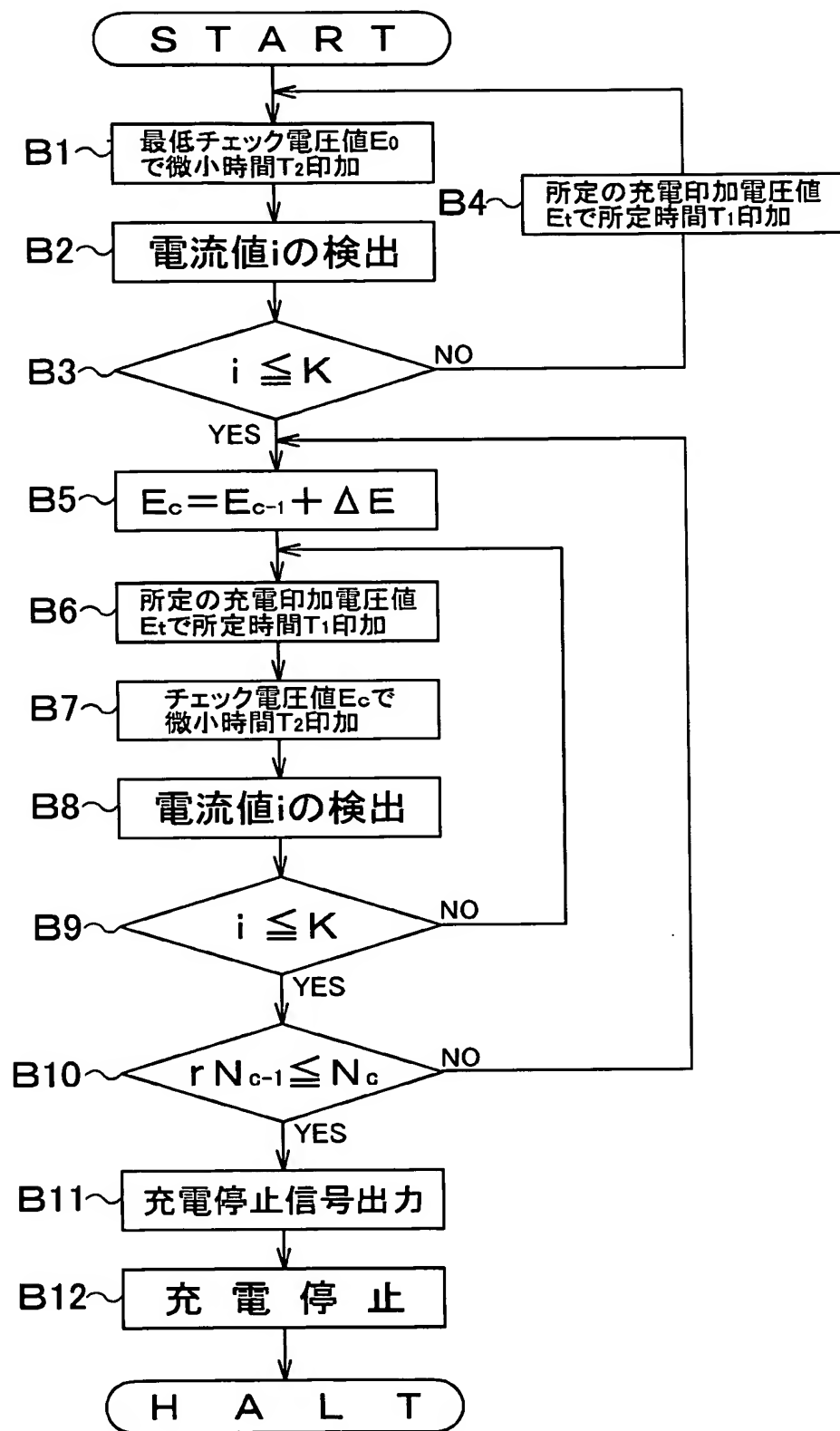
[図11]

	演算回路53Dからの出力値	上下限電圧値設定回路52Dからの出力波形	PWM出力端子48からの出力波形
1回目の ディクリ メント	$E_1 = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{n-1}{n} = E_0 + \Delta E$		
2回目の ディクリ メント	$E_2 = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{n-2}{n} = E_0 + 2 \cdot \Delta E$		
3回目の ディクリ メント	$E_3 = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{n-3}{n} = E_0 + 3 \cdot \Delta E$		
• • •	• • •	• • •	• • •
(n-1)回目 のディク リメント	$E_{n-1} = E_L - (E_H - E_L) \cdot \frac{1}{n} = E_0 + (n-1) \cdot \Delta E$		
n回目の ディクリ メント	$E_n = E_L = E_0 + n \cdot \Delta E$		

[図12]

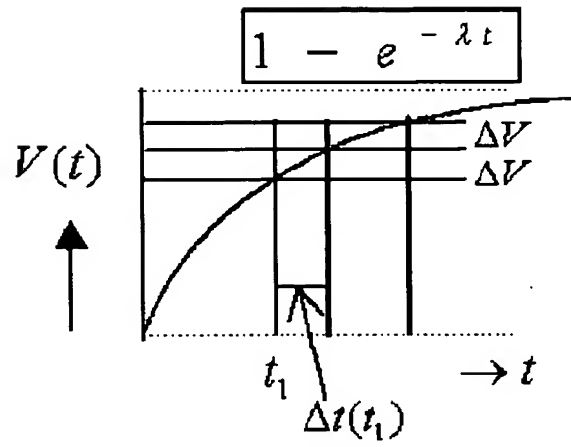


[図13]

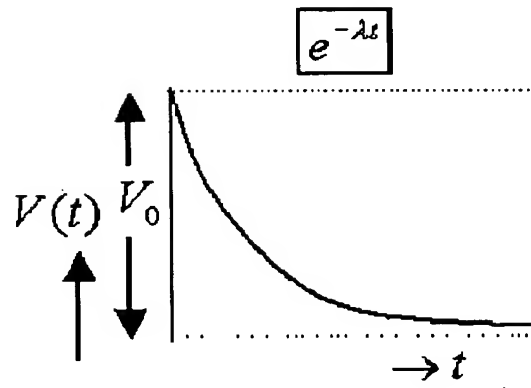


[図14]

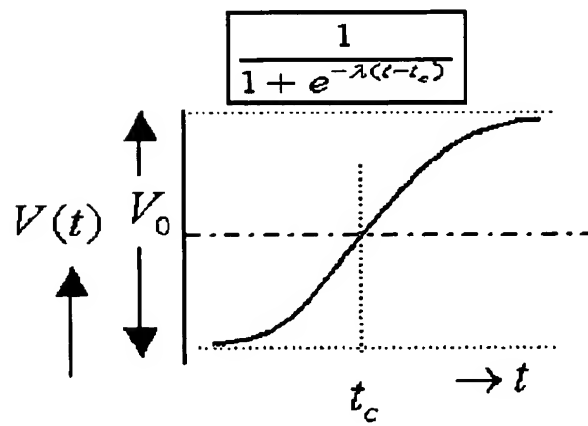
(a)



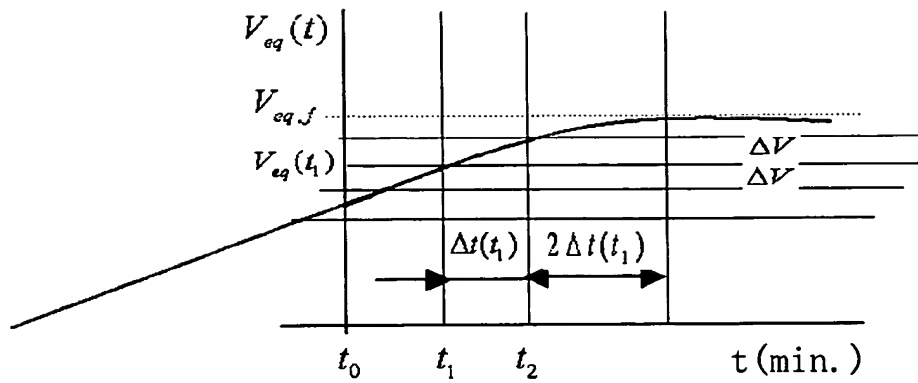
(b)



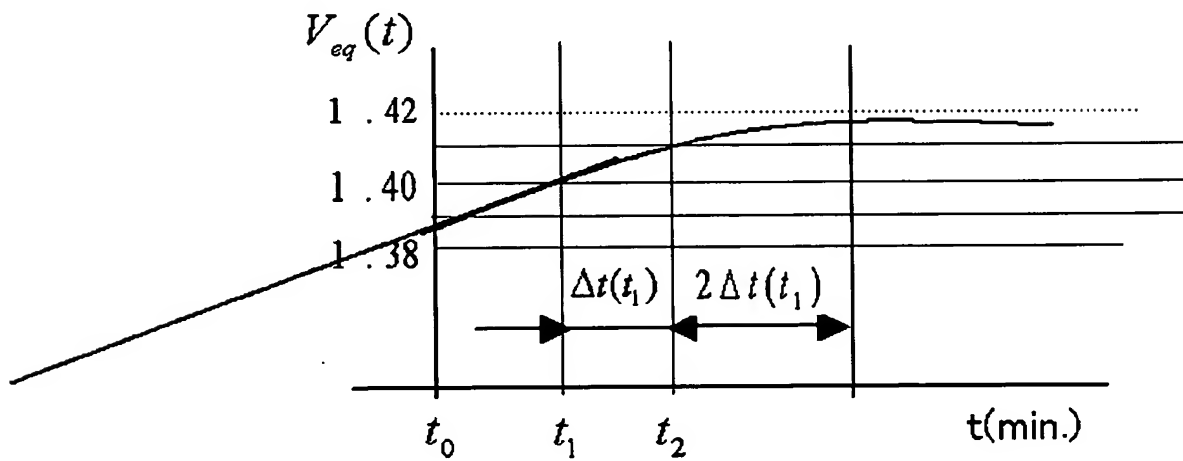
(c)



[図15]



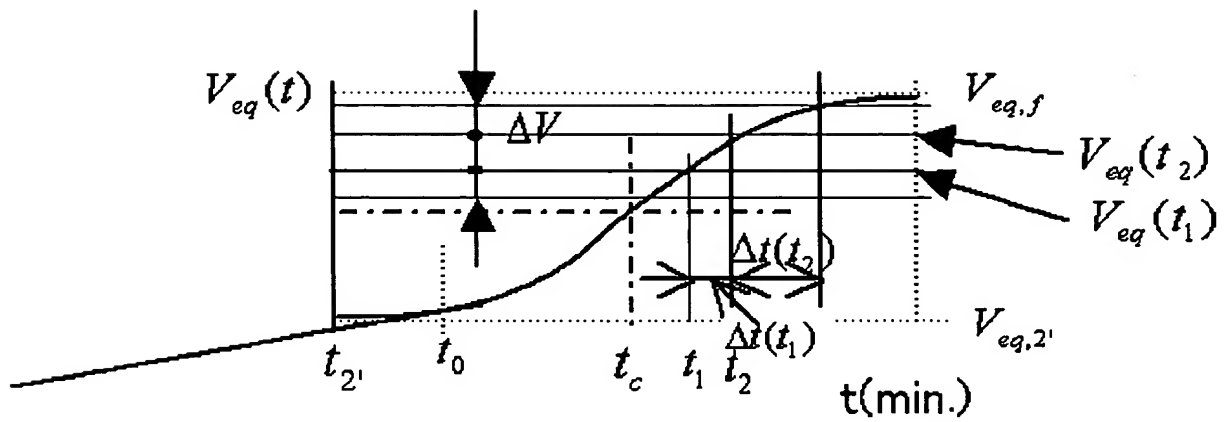
[図16]



[図17]

$V_{eq}(t_1)$	$\lambda \Delta t(t_1)$	A	$V_{eq}(t_2 + 2\Delta t(t_1))$
1.39	↓ 0.463		
1.4	↓ 0.887	+	
1.41	↓ 2x0.887	-	
			1.4158 vs. 1.42

[図18]



[図19]

	(1) $V_{eqf}=1.455, V_{eq2}=1.395V$		(2) $V_{eqf}=1.445, V_{eq2}=1.395V$		(3) $V_{eqf}=1.435, V_{eq2}=1.395V$	
V_{check}	$e^{-\lambda(t-t_c)}$	$\lambda \Delta t(t)$	$e^{-\lambda(t-t_c)}$	$\lambda \Delta t(t)$	$e^{-\lambda(t-t_c)}$	$\lambda \Delta t(t)$
1.4	11	↓	9		7	
1.41	3		2.33	1.35	1.666	1.435
1.42	1.4	0.762	1	0.847	0.6	1.02
1.43	0.714	0.673	0.4286	0.847	0.1428	1.435
1.44	0.333	0.762	0.1111	1.35		1.435x2
1.45	0.0909	1.3		1.35x2		
		1.3x2				
終止時 V_{eq}	1.45459	99.97%	1.44463	99.97%	1.4347	99.97%

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H02J7/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H02J7/00-7/12, 7/34-7/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-228225 A (Honda Motor Co., Ltd.), 24 August, 2001 (24.08.01), Claims 1 to 3; Par. Nos. [0009] to [0018]; Fig. 3 (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 September, 2004 (14.09.04)

Date of mailing of the international search report
05 October, 2004 (05.10.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H02J7/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H02J7/00-7/12, 7/34-7/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2001-228225 A (本田技研工業株式会社) 2001.08.24, 【請求項1】-【請求項3】, 段落【0009】-【0018】, 【図3】 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.09.2004

国際調査報告の発送日

05.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森川 幸俊

5 T

8729

電話番号 03-3581-1101 内線 6704

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.